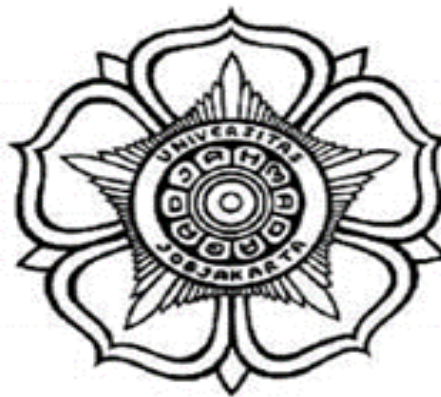


DISERTASI

POTENSI TEPUNG EMPULUR BATANG PISANG
(Musa acuminata Colla) **PADA PEMBUATAN *FOOD BAR***
ANTI DISLIPIDEMIA BERBAHAN PATI
GANYONG (*Canna edulis* Ker.)



WELLI YULIATMOKO

15/389957/STP/00196

PROGRAM STUDI ILMU PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

DISERTASI

POTENSI TEPUNG EMPULUR BATANG PISANG (*Musa acuminata* Colla) PADA PEMBUATAN *FOOD BAR* ANTI DISLIPIDEMIA BERBAHAN PATI GANYONG (*Canna edulis* Ker.)

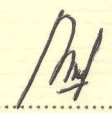
Dipersembahkan dan disusun oleh:

WELLI YULIATMOKO
15/389957/STP/00196

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 4 Juni 2020

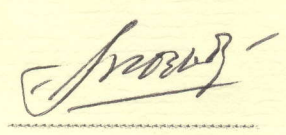
Promotor

Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, MS

1. 


Ko-Promotor I

Prof. Dr. Ir. Agnes Murdiati, MS

2. 

Ko-Promotor II

Prof. Dr. Yudi Pranoto, STP, MP

3. 

Disertasi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Doktor

Tanggal: **26 JUN 2020**

Prof. Dr. Ir. Eni Harmayani, M.Sc.
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Welli Yuliatmoko
NIM : 15/389957/STP/00196
Tahun terdaftar : 2015
Program Studi : Ilmu Pangan
Fakultas/Sekolah : Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Gadjah Mada

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Disertasi ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu Lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan sumbernya secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Disertasi ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 4 Juni 2020

Yang menyatakan,



Welli Yuliatmoko

DAFTAR PUBLIKASI

I. Jurnal		Terindeks	Keterangan
a)	Yuliatmoko, W., Murdiati, A., Pranoto, Y and Marsono, Y. (2019). Chemical and Functional Properties of Cavendish Jepara 30 (<i>Musa cavendishii</i>) Banana Pseudostem Flour after Blanching and Soaking in Sodium Bisulphite Solution. <i>Pakistan Journal of Nutrition</i> 18 (10): 936-945.	Q3	Publikasi
b)	Yuliatmoko, W., Murdiati, A., Pranoto, Y and Marsono, Y. (2019). The Effect Of Application Of Cavendish Jepara 30 Banana Pseudostem Flour On Production Of Short-Chain Fatty Acids And Cholesterol In Caecum Digesta Of Hypercholesterolemic Mice. <i>International Journal of Scientific and Technology Research</i> , 8, 1882-1888	Scopus	Publikasi
c)	Yuliatmoko, W., Murdiati, A., Pranoto, Y and Marsono, Y. (2019). The effect of mixture of banana pseudostem flour proportion on organoleptic properties, dietary fiber content, resistant starch, and antioxidants of canna starch-based food bar. <i>Food Research</i>	Scopus	Publikasi
d)	Yuliatmoko, W., Murdiati, A., Pranoto, Y and Marsono, Y. (2019). The Effect of Banana Pseudostem Flour and Food Bar of Edible Canna Substituted with Banana Pseudostem Flour on Lipid Profile of Hypercholesterolemic Mice. <i>IJASEIT</i>	Q2 Scopus	Submit
II. Seminar		Scope	Presentasi
<p>Yuliatmoko, W., Murdiati, A., Pranoto, Y and Marsono, Y. (2019). Pengaruh Proporsi Campuran Tepung Empulur Batang Pisang pada Pembuatan <i>Food Bar</i> Pati Ganyong terhadap Sifat Organoleptik, Kadar Serat Pangan dan Pati Resisten serta Antioksidan.</p> <p>Nama seminar: Seminar Nasional Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian 2019</p> <p>Penyelenggara: Fakultas Teknologi Pertanian bekerja sama dengan PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia cabang Yogyakarta dan MAKSI (Masyarakat Perkelapa-sawitan Indonesia)</p> <p>Waktu: 30-31 Agustus 2019</p> <p>Tempat penyelenggara: Gedung Fakultas Teknologi Pertanian</p>		Nasional	Oral

PRAKATA

Penulis memanjatkan puji dan syukur kehadirat Alloh Subhana Wataala, atas rahmat dan hidayahnya sehingga disertasi yang berjudul **“Potensi Tepung Empulur Batang Pisang (*Musa acuminata* colla) pada Pembuatan *Food Bar* Anti Dislipidemia Berbahan Pati Ganyong (*canna edulis* ker.)”** dapat diselesaikan dengan baik. Disertasi ini dibuat untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar doktor pada Program Studi S3 Ilmu Pangan Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

Penulis juga menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Y. Marsono, MS sebagai promotor yang telah memberikan arahan, bimbingan dan ide-ide dalam menyelesaikan disertasi.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Agnes Murdiati, MS sebagai ko-promotor yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan disertasi.
3. Bapak Prof. Dr. Yudi Pranoto, STP, MP sebagai ko-promotor yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam menyelesaikan disertasi.
4. Anggota dewan penguji: Prof. Dr. Ir. Eni Harmayani, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Sri Raharjo, M.Sc, Prof Dr Ir Sri Budi Wahjuningsih, MP, Prof. Dr. Ir. Umar Santoso, M.Sc, Prof. Dr. Ir. Supriyanto, MS, dan Prof. Dr. Sunarti, M.Kes.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Eni Harmayani, M.Sc. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Pertanian UGM.
6. Ibu Dr. Retno Indriati, M.Sc. sebagai Ketua Program Studi S3 Ilmu Pangan Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

7. Bapak Prof. Ojat Darajat, M.Bus., Ph,D sebagai Rektor Universitas Terbuka yang telah memberikan ijin dan bantuan pendanaan tugas belajar
8. Bapak Dr. Drs. Agus Santoso, M.Si sebagai dekan FST yang telah memberikan kesempatan untuk tugas belajar
9. Direktorat Pendidikan tinggi, kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan bantuan untuk dana penelitian
10. Bagian Administrasi Akademik Program Pascasarjana Fakultas Teknologi Pertanian UGM yang telah membantu kegiatan pembelajaran.
11. Ibuku Ny. Enden Juana Juita tercinta yang telah banyak memberikan dukungan, perhatian, dan doa, Istriku (Choirun Nisa, S.H., M.H.), putra-putriku (Fitriah Putri Welli, Amirah Putriwelli, Mahdi Putra Welli) atas dukunngan, doa, dan perhatian, dan pengertiannya serta, kakak dan adikku atas dukungan dan doanya.
12. Para Teknisi dan laboran (Bp. Nuryanto, Bp. M. Khak, Ibu Pargiyanti, Bp. Rachmat, Bp. Yuli, dan Bp. Subandi)
13. Teman-teman mahasiswa Program Studi S3 Ilmu Pangan, karyawan UT-Yogyakarta, dan UT-Bandar Lampung yang telah memberikan bantuan dan kerjasamanya.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dalam proses penyusunan disertasi

Semoga disertasi ini bermanfaat bagi masyarakat serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu dan teknologi khususnya di bidang pangan dan gizi.

Yogyakarta, 4 Juni 2020.

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	viii
DAFTAR PUBLIKASI.....	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
INTISARI.....	xix
ABSTRACT	xxi
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	9
1.3. Tujuan Penelitian	9
1.4. Kebaruan Penelitian	10
1.5. Manfaat Penelitian	16
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 17
2.1. Pisang Cavendish Jepara 30.....	17
2.2. Empulur Batang Pisang	19
2.3. Pati ganyong.....	21
2.4. <i>Blanching</i> dan perendaman larutan bisulfit	23
2.5. Serat Pangan.....	25
2.5.1. Defenisi dan komponen serat pangan	25
2.5.2. Sifat kimia dan fisik serat pangan.....	26
2.5.3. Fisiologis dan kesehatan serat pangan	32
2.6. Pati Resistan.....	33
2.7. Antioksidan.....	34
2.7.1. Pengertian antioksidan	34
2.7.2. Penggolongan antioksidan.....	35
2.7.3. Fungsi antioksidan	36
2.7.4. Mekanisme kerja antioksidan	37
2.7.5. Metode pengujian aktivitas antioksidan.....	39
2.8. Polifenol	41
2.9. Radikal Bebas	43
2.10. Lipid	44
2.10.1. Klasifikasi dan karakteristik.....	44
2.10.2. Transport lipid	48
2.11. Dislipdemia.....	50
2.12. Mekanis Penurunan Kolesterol oleh Serat Pangan	52
2.13. Efek Serat Pangan terhadap Tingkat Konsumsi	

Makanan dan Berat Badan	54
2.14. Modifikasi Penyerapan dan Metabolisme Asam Empedu oleh Serat	54
2.15. Penghambatan Penyerapan dan Metabolisme Lipid oleh Serat	55
2.16. Produksi SCFA dari Fermentasi Serat Pangan	57
2.17. Up-regulasi Reseptor LDL di Hati oleh Serat Pangan	62
2.18. Mekanisme Penurunan Kolesterol oleh Senyawa Polifenol.	63
2.19. Simvastatin dan Kolestiramin.....	64
2.20. Landasan Teori	67
2.21. Hipotesis	73
 BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Bahan Penelitian	74
3.2. Peralatan	74
3.3. Tempat Penelitian	75
3.4. Tahapan Penelitian.....	75
3.4.1. Tahap I: Pengolahan dan karakteristik tepung EBP dan pati ganyong.....	80
3.4.2. Tahap II. Pengolahan dan karakteristik <i>food bar</i> pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan	85
3.4.3. Tahap III. Uji sifat gizi <i>in vivo</i> dan <i>in vitro</i> tepung EBP dan <i>food bar</i> pati ganyong – EBP.....	91
 BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Tahap 1: Pengolahan dan karakteristik tepung EBP dan pati ganyong	100
4.1.1. Komposisi Kimia, Warna, Sifat Fungsional, dan Sifat <i>pasting</i> Pati Ganyong	100
4.1.2. Penyiapan Tepung Empulur Batang Pisang	105
4.1.3. Karakteristik Warna Tepung EBP Blanching	109
4.1.4. Kandungan serat pangan dan pati resisten	110
4.1.5. Aktivitas antioksidan	112
4.1.6. Perlakuan terbaik berdasarkan warna, kandungan Serat, dan antioksida	114
4.1.7. Sifat fungsional Tepung EA dan EB10.....	115
4.1.8. Gambar mikroskop Tepug EA dan EB10	117
4.1.9. Sifat <i>pasting</i> Tepung EA dan EB10.....	119
4.2.Tahap II: <i>Food bar</i> pati ganyong - EBP tinggi serat dan Antioksidan	121
4.2.1. Komposisi kimia <i>food bar</i> pati ganyong – EBP.....	121
4.2.2. Kandungan serat pangan dan RS	123
4.2.3. Aktivitas antioksidan food bars pati Ganyong – EBP	124
4.2.4. Mutu Sensoris Food Bars Pati Ganyong – EBP	125
4.2.5. Pemilihan food bars pati Ganyong – EBP terbaik	128

4.3.Tahap III: Sifat gizi <i>in vivo</i> dan <i>in vitro</i> tepung EBP dan <i>food bar</i> pati ganyong – EBP	131
4.3.1. Konsumsi pakan dan perubahan berat badan tikus Percobaan	131
4.3.2. Penyiapan tepung empulur batang pisang.....	132
4.3.3. Profil Lipid tikus percobaan.....	133
4.3.4. Indeks Atherogenik Plasma tikus percobaan	143
4.3.5. Profil digesta caecum tikus percobaan	144
4.3.6. Kadar Malondialdehid (MDA) serum tikus Percobaan	157
4.3.7. Kapasitas antioksidan plasma tikus percobaan	160
4.3.8. Kapasitas Pengikatan Empedu	163
 BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	165
5.1. Kesimpulan	165
5.2. Saran.....	167
 RINGKASAN	168
DAFTAR PUSTAKA	197
LAMPIRAN	220
Lampiran 1	220
Lampiran 2	236

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Penelitian sebelumnya yang diperkirakan mempunyai kesamaan dengan penelitian tentang potensi tepung tandan pisang	12
Tabel 2.1. Komposisi kimia pati Ganyong	22
Tabel 2.2. Proporsi lipida dalam plasma darah manusia	44
Tabel 3.1. Tahap penelitian berdasarkan input, proses dan outputnya	78
Tabel 3.2. Proses pengolahan, pemberian perlakuan, dan proses pemilihan tepung EBP perlakuan <i>blanching</i> dan perendaman larutan natrium bisulfit	82
Tabel 3.3. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan warna, SDF, dan total fenolik.....	83
Tabel 3.4. Formula <i>food bar</i> dengan berbagai proporsi EBP.....	87
Tabel 3.5. Penentuan <i>foot bar</i> pati ganyong – EBP terbaik berdasarkan uji kesukaan SDF, dan total fenolik.....	91
Tabel 3.6. Komposisi pakan tikus	93
Tabel 3.7. Pakan induksi kolesterol	95
Tabel 4.1. Komposisi Kimia, Warna, Sifat Fungsional, dan Sifat <i>pasting</i> Pati Ganyong	100
Tabel 4.2. Karakteristik warna tepung EBP <i>blanching</i>	104
Tabel 4.3. Karakteristik warna dari tepung perendaman larutan natrium bisulfit	106
Tabel 4.4. Komposisi kimia tepung EBP alami (EA), tepung EBP <i>blanching</i> 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90)	108
Tabel 4.5. Kadar serat pangan dan pati resistan (%db) tepung EBP alami (EA), tepung EBP <i>blanching</i> 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90).....	109
Tabel 4.6. Kadar total fenolik dan aktivitas antioksidan tepung EBP alami (EA), tepung EBP <i>blanching</i> 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90)	112
Tabel 4.7. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan warna, serat pangan larut dan total fenolik.....	113
Tabel 4.8. Sifat fungsional tepung EBP alami (EA) dan tepung EBP <i>blanching</i> 10 menit (EB10)	114
Tabel 4.9. Sifat <i>pasting</i> tepung EBP alami (EA) dan tepung EBP dengan perlakuan <i>blanching</i> pada suhu 100°C selama 10 menit (EB10).....	119
Tabel 4.10. Komposisi kimia (proksimat) <i>food bar</i> pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP	120
Tabel 4.11. Kadar serat pangan dan pati resisten <i>food bar</i> pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP	122

Tabel 4.12. Komponen total fenolik dan aktivitas antioksidan <i>food bars</i> pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP	123
Tabel 4.13. Hasil uji kesukaan <i>food bars</i> pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP	124
Tabel 4.14. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan uji hedonik, serat pangan larut, dan total fenolik	127
Tabel 4.15. Parameter kimia dan fisik serta sensoris <i>food bar</i> pati ganyong – EBP	129
Tabel 4.16. Konsumsi pakan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi.....	130
Tabel 4.17. Berat badan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi	131
Tabel 4.18. Kolesterol total serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah perlakuan	133
Tabel 4.19. Kolesterol LDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi	135
Tabel 4.20. Trigliserida serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi	136
Tabel 4.21. Kolesterol HDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi	138
Tabel 4.22. Indeks atherogenik plasma tikus pada masing-masing Kelompok sebelum dan sesudah intervensi	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Kebun Pisang Cavendis PT. <i>Nusantara Tropical Farm</i> (NTF) Lampung Tengah	18
Gambar 2.2. Empulur batang pisang (EBP)	20
Gambar 2.3. Ganyong	23
Gambar 2.4. Mekanisme reaksi senyawa antioksidan (Gordon, 1990)	37
Gambar 2.5. Struktur kimia (a) flavan-3-ol monomer dan b)proanthocyanidins	43
Gambar 2.6. Ukuran relatif plasma lipoprotein berdasarkan Densitanya.....	48
Gambar 2.7. Hubungan antara transit makanan pada sistem pencernaan di dalam usus halus serta fermentasi di sekum dan kolon.....	59
Gambar 2.8. Struktur kimiawi simvastatin.....	66
Gambar 2.9. Kerangka berpikir penelitian potensi empulur batang pisang pada pembuatan <i>food bar</i> antidislipidemia berbahan pati ganyong	72
Gambar 3.1. Diagram Tulang Ikan Tahapan Penelitian.....	76
Gambar 3.2. Diagram alir pembuatan tepung empulur batang Pisang	81
Gambar 3.3. Pembuatan <i>food bar</i> pati ganyong – EBP	88
Gambar 3.4. Diagram alir pemeliharaan tikus dan Pengambilan sampel	98
Gambar. 4.1. Tepung EBP terpilih. a : tepung EBP alami (EA). b : tepung EBP perlakuan <i>blanching</i> pada suhu 100 °C menit selama 10 (EB10). c : tepung EBP perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfat 1% selama 90 menit	107
Gambar.4.2. Scan elektron struktur mikroskopis tepung empulur batang pisang	117
Gambar 4.3. Sifat pasting tepung EBP alami (EA) dan tepung <i>blanching</i> 10 menit (EB10).....	118
Gambar.4.4. Food bar pati ganyong – EBP (proporsi pati ganyong : tepung EBP 85:15).....	128
Gambar.4.5. Kadar air digesta tikus pada masing-masing kelompok.....	142
Gambar.4.6. Berat sekum tikus pada masing-masing kelompok	144
Gambar.4.7. Konsentrasi SCFA digesta tikus pada masing-masing kelompok.....	147
Gambar.4.8. pH digesta tikus pada masing-masing kelompok.	148
Gambar.4.9. Rasio molar SCFA digesta tikus pada masing-masing Kelompok.....	150
Gambar.4.10. Kolesterol sekum tikus pada masing-masing kelompok....	152
Gambar.4.11. Kadar MDA serum tikus masing-masing kelompok	154
Gambar.4.12. Nilai FRAAF tikus masing-masing kelompok.....	157

Gambar.4.13. Kapasitas pengikatan asam empedu pada masing-masing kelompok	158
--	-----

POTENSI TEPUNG EMPULUR BATANG PISANG
(*Musa acuminata* Colla) **PADA PEMBUATAN *FOOD BAR***
ANTI DISLIPIDEMIA BERBAHAN PATI
GANYONG (*Canna edulis* Ker.)

INTISARI

Dislipidemia merupakan kelainan profil lipid darah yang ditandai oleh meningkatnya kolesterol total, LDL, trigliserida, dan menurunnya kolesterol HDL. Alternatif penanganan dislipidemia adalah mengonsumsi produk pangan sehat antidislipidemia yang kaya akan komponen bioaktif seperti serat pangan, pati resisten, dan antioksidan. Salah satu bahan pangan lokal yang potensial dikembangkan sebagai sumber serat pangan, pati resisten, dan antioksidan adalah empulur batang pisang Cavendish Jepara 30 (EBP). Bahan ini berpotensi diolah menjadi tepung yang kaya akan serat pangan, pati resisten, dan antioksidan, serta dapat ditingkatkan manfaatnya dengan cara diolah menjadi *food bar* tinggi serat pangan, pati resisten, dan antioksidan yang mempunyai manfaat kesehatan, seperti antidislipidemia. Untuk membuat *food bar* tersebut dapat dilakukan dengan melakukan formulasi yang tepat dengan pati ganyong yang juga merupakan produk lokal. Tujuan penelitian ini (i) memilih perlakuan yang dapat menghasilkan tepung EBP yang memiliki kadar serat pangan larut, pati resisten dan total fenolik yang tinggi dengan warna yang lebih putih dan karakteristiknya, (ii) mendapatkan formula *food bar* pati ganyong – EBP yang memiliki kadar serat pangan, pati resisten dan antioksidan yang tinggi serta diterima secara sensori dan karakteristiknya, (iii) mengevaluasi potensi tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP terhadap penurunan kolesterol dan pertahanan antioksidan plasma darah tikus *Sprague Dawley* dislipidemia dan kemungkinan mekanisme penurunan kolesterol oleh serat pangan/pati resisten

Penelitian ini dibagi menjadi 3 (tiga) tahap, yaitu: (i) Preparasi tepung EBP dengan perlakuan *water blanching* selama 5, 10, 15, 20 menit dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Selanjutnya dipilih perlakuan terbaik dan ditentukan karakterisasinya. (ii) Pengolahan *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan dengan proporsi pati ganyong : tepung EBP (100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, dan 75:25). Selanjutnya dipilih formula terbaik berdasarkan uji kesukaan sensoris, kadar serat pangan larut, dan antioksidan, dan ditentukan karakteristiknya. (iii) Uji sifat gizi *in vivo* untuk mengetahui pengaruh tepung EBP dan *food bar* pati ganyong-EBP dalam menurunkan kolesterol dan meningkatkan antioksidan darah tikus hiperkolesterolemia. Sedangkan uji sifat gizi *in vitro* untuk mengetahui kapasitas pengikatan asam empedu.

Hasil penelitian tahap 1 menunjukkan bahwa perlakuan *water blanching* selama 10 menit dapat meningkatkan serat pangan larut sebesar 3,55%, pati resisten sebesar 10,33%, total fenolik sebesar 11,19 mg/100, aktivitas antioksidan sebesar 6,15% RSA DPPH, kapasitas menahan air, kapasitas mengembang,

kapasitas tukar kation. Hasil penelitian tahap II menunjukkan *food bar* yang diolah dengan proporsi pati ganyong : tepung EBP 85:15 (FBE) terpilih sebagai *food bar* terbaik dengan skor kesukaan atribut warna $3,12 \pm 0,08$, aroma $3,00 \pm 0,06$, rasa $3,04 \pm 0,18$, tekstur $3,16 \pm 0,12$, kandungan serat pangan larut $0,83 \pm 0,07$ % d.b, pati resisten $6,54 \pm 0,24$ % d.b, total fenolik $105,75 \pm 0,64$ mg/100g, aktivitas antioksidan $6,97 \pm 0,77$ % RSA DPPH, warna dengan kecerahan (L^*) $52,52 \pm 0,60$ dan daya patah $5,08 \pm 1,95$ N. Hasil penelitian tahap III uji secara *in vivo* menunjukkan intervensi diet tepung EB10 dan FBE dapat menurunkan kadar kolesterol total, LDL, trigliserida, dan meningkatkan kadar kolesterol HDL, serta menurunkan Indeks Atherogenik Plasma, menurunkan kadar MDA, dan meningkatkan kapasitas antioksidan plasma tikus *Sprague Dawley* dislipidemia. Intervensi diet pakan FBE menghasilkan konsentration asam propionat yang paling tinggi yaitu $38,08 \pm 15,31$ %. Sementara diet pakan tepung EB10 menghasilkan kolesterol digesta *caecum* tertinggi, yaitu $83,91 \pm 2,07$ mg/100gr. Hasil uji secara *in vitro* menunjukkan diet tepung EB10 dan FBE dapat meningkatkan kemampuan pengikatan asam empedu. Berdasar kedua uji tersebut dapat disimpulkan bahwa penurunan kolesterol tepung EBP dan FBE diduga melalui mekanisme, yaitu (1) peningkatan ekskresi empedu, (2) penghambatan absorpsi kolesterol, (3) peningkatan asam propionat dalam digesta atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut. Dengan demikian tepung EBP dapat diformulasikan menjadi pangan yang memberikan efek kesehatan.

Kata kunci: tepung empulur batang pisang, serat pangan, antioksidan, *food bar*, dislipidemia

POTENTIAL OF EMPULUR FLOUR BANANA STONE
(*Musa acuminata* Colla) IN MAKING FOOD BAR
ANTI DISLIPIDEMIA FROM PATI
GANYONG (*Canna edulis* Ker.)

ABSTRACT

Dyslipidemia is an abnormality in blood lipid profile characterized by increased total cholesterol, LDL, triglycerides, and decreased HDL cholesterol. An alternative treatment for dyslipidemia is to consume healthy antidislipidemia snacks that are rich in bioactive components such as dietary fiber, resistant starch, and antioxidants. One of the potential local foodstuffs developed as a source of food fiber, resistant starch, and antioxidants is the Cavendish Jepara banana stem pith 30 (EBP). This material has the potential to be processed into starch that is rich in food fiber, resistant starches and antioxidants, and can be improved by processing it into a high-fiber food bar, resistant starch, and antioxidants that have health benefits, such as antidislipidemia. To make the food bar can be done by doing the right formulation with canna starch which is also a local product. The objectives of this study are (i) choosing treatments that can produce EBP flour which has high levels of soluble food fiber, resistant starch and total phenolic with whiter colors and characteristics, (ii) obtaining canna starch food bar formula - EBP which has fiber content food, resistant starch and antioxidant which is high and sensory and characteristics accepted, (iii) evaluating the potential of EBP flour and canna starch food bar - EBP against cholesterol reduction and antioxidant defense of blood plasma of Sprague Dawley rat dyslipidemia and possible mechanism of cholesterol reduction by food fiber / resistant starch

This study was divided into 3 (three) stages, namely: (i) EBP flour preparation by water blanching for 5, 10, 15, 20 minutes and soaking in 1% sodium bisulfite solution for 30, 60, 90, and 120 minutes. Furthermore, the best treatment is chosen and its characterization determined. (ii) Processing of canna starch food bars - EBP high in fiber and antioxidants with proportion of canna starch: EBP flour (100: 0, 95: 5, 90:10, 85:15, 80:20, and 75:25). Then the best formula is chosen based on the sensory preference test, soluble dietary fiber content, and antioxidants, and its characteristics are determined. (iii) In vivo nutritional properties to determine the effect of EBP flour and canna-EBP starch food bars in lowering cholesterol and increasing the antioxidant blood of hypercholesterolemic rats. While in vitro nutrition properties test to determine the binding capacity of bile acids.

The results of the first phase of the study showed that the treatment of water blanching for 10 minutes could increase the soluble food fiber by 3.55%, resistant starch by 10.33%, total phenolic by 11.19 mg / 100, antioxidant activity by 6.15% RSA DPPH , water holding capacity, expanding capacity, cation exchange capacity. The results of the second phase of the study showed that the food bar processed with the proportion of canna starch: EBP 85:15 (FBE) was selected as the best food bar with a favorite color score of 3.12 ± 0.08 , aroma 3.00

± 0.06 , taste 3.04 ± 0.18 , texture 3.16 ± 0.12 , soluble food fiber content $0.83 \pm 0.07\%$ db, resistant starch $6.54 \pm 0.24\%$ db, total phenolic 105.75 ± 0 , 64 mg / 100g, antioxidant activity $6.97 \pm 0.77\%$ RSA DPPH, color with brightness (L *) 52.52 ± 0.60 and fracture power 5.08 ± 1.95 N. The results of the Phase III study in vivo showed that dietary intervention of EB10 and FBE flour could reduce total cholesterol, LDL, triglyceride levels, and increase HDL cholesterol levels, as well as reduce the Atherogenic Index of Plasma, reduce MDA levels, and increase the antioxidant capacity of Sprague Dawley rats with dyslipidemia rats. FBE dietary intervention produced the highest concentration of propionic acid, $38.08 \pm 15.31\%$. While the EB10 flour diet produced the highest digesta caecum cholesterol, which was 83.91 ± 2.07 mg / 100gr. In vitro test results show that EB10 and FBE flour diets can improve the binding ability of bile acids. Based on the two tests it can be concluded that the reduction in EBP and FBE flour cholesterol is thought to be through a mechanism, namely (1) an increase in bile excretion, (2) inhibition of cholesterol absorption, (3) an increase in propionic acid in digesta or a combination of the three possibilities. Thus EBP flour can be formulated into food that provides health effects.

Keywords: banana stem pith flour, food fiber, antioxidants, food bar, dyslipidemia

BAB I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Berbagai penelitian epidemiologi menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan angka insiden dan prevalensi penyakit degeneratif di berbagai penjuru dunia. Berdasarkan laporan *World Health Statistic* 2018, tercatat 15,2 juta orang meninggal di dunia karena penyakit jantung koroner dan stroke. Penyakit ini telah menjadi penyebab utama kematian secara global dalam 15 tahun terakhir (WHO, 2018)

Banyak faktor yang dapat menyebabkan penyakit jantung koroner, antara lain dislipidemia, hipertensi, merokok, abnormalitas glukosa darah, dan kurang aktifitas fisik. Namun dislipidemia merupakan salah satu faktor risiko utama penyebab penyakit jantung koroner (Athur, 2009). Dislipidemia merupakan kelainan metabolisme lipid yang ditandai dengan adanya penyimpangan kadar fraksi lipid dalam plasma darah (Aman *et al.*, 2019; Kolovou *et al.*, 2005), yaitu kenaikan kadar kolesterol total (*Total Cholesterol/TC*), kolesterol lipoprotein densitas rendah (*Low Density Lipoprotein/LDL*), trigliserida (TG), serta penurunan kolesterol lipoprotein densitas tinggi (*High Density Lipoprotein/HDL*) (Aman *et al.*, 2019; Huang, 2009). Kelainan fraksi lipid dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu hiperkolesterolemia merupakan kenaikan kadar kolesterol total dan kadar kolesterol LDL. Hipertrigliseridemia merupakan kenaikan kadar trigliserida dan lipoprotein densitas sangat rendah (*Very Low Density Lipoprotein/VLDL*), serta kombinasi keduanya (Anonim, 2011). Kondisi dislipidemia di

Indonesia cukup memprihatinkan. Berdasarkan laporan Riset Kesehatan Dasar 2018, secara nasional proporsi penduduk ≥ 15 tahun memperlihatkan kadar kolesterol total di atas normal sebesar 28,8%, kadar kolesterol LDL di atas 100 mg/dl sebesar 72,8%, kadar trigliserida di atas 150 mg/dl sebesar 27,9%, sedangkan kadar kolesterol HDL kurang dari 40 mg/dl sebesar 24,4% (Kemkes, 2020).

Salah satu penyebab dislipidemia adalah perubahan faktor gaya hidup (Kahlon and Smith, 2007; Kolovou *et al.*, 2005). Perubahan gaya hidup yang dimaksud adalah perubahan yang cenderung berdampak negatif bagi kesehatan seperti berkurangnya aktivitas fisik, diet tinggi kolesterol, diet tinggi karbohidrat, diet lemak jenuh, diet lemak trans, rendahnya asupan serat dan lain-lain (Reiner *et al.*, 2011).

Upaya perbaikan kondisi dislipidemia dapat ditempuh melalui upaya farmakologis dan non farmakologis. Upaya farmakologis dapat dilakukan dengan pemakaian obat statin atau obat-obat lain yang bersifat hipolipidemik, seperti *bile acid sequestrant*, asam nikotinat, dan lain-lain. Penggunaan obat dislipidemia telah dinyatakan aman secara klinis, namun penggunaan obat-obatan dapat mengakibatkan efek samping yang merugikan.

Sementara itu, upaya non farmakologis perbaikan kondisi dislipidemia dapat ditempuh melalui perbaikan pola konsumsi pangan. Kondisi dislipidemia terutama hiperkolesterolemia dapat diatasi dengan cara mengonsumsi makanan yang banyak mengandung *dietary fiber* (DF) (Marsono, 2004; Reiner *et al.*, 2011; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014). Beberapa penelitian mengenai penurunan kolesterol

membuktikan bahwa terdapat hubungan antara asupan DF seperti serat pangan larut (*Soluble Dietary Fiber/SDF*) dengan kadar kolesterol darah seperti TC dan kolesterol LDL. Meskipun serat pangan tidak larut (*Insoluble Dietary Fiber/IDF*) juga dilaporkan memiliki hubungan dengan kadar kolesterol darah namun hubungan tersebut sangat kecil. Bahan lain misalnya pati resisten (*resistant starch/RS*) juga dilaporkan memiliki efek fisiologis mirip serat larut yaitu mampu menurunkan kolesterol serum.

Sementara itu, senyawa antioksidan (AO) juga diketahui dapat memperbaiki kondisi dislipidemia. Marsono *et al.*, (2005) menyatakan bahwa konsumsi AO kacang merah dapat menurunkan LDL, menurunkan trigliserida, dan menaikkan kolesterol HDL. Beberapa senyawa AO yang diketahui mampu memperbaiki kondisi dislipidemia yaitu polifenol, antosianin, dan isoflavon (Ghiseli *et al.*, 1998; Kirk *et al.*, 1998; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014)

Upaya perbaikan kondisi dislipidemia dapat dilakukan dengan konsumsi makanan atau camilan yang dapat membantu menurunkan TC, LDL dan trigliserida atau menaikkan HDL. Oleh karena itu diperlukan formulasi makanan yang kaya DF, RS, atau AO dan kombinasinya. Bentuk makanannya bisa bermacam-macam antara lain berupa *food bar*. Namun *food bar* yang ada saat ini mayoritas diolah dari tepung terigu yang merupakan produk impor yang selalu meningkat permintaannya setiap tahun.

. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), impor terigu nasional periode Januari-Juni tahun 2019 mengalami peningkatan sebesar 4.562 ton daripada tahun 2018 sebesar 31.905 ton. Tren impor terigu ini diprediksi akan

tetap meningkat seiring dengan peningkatan konsumsi makanan berbahan tepung terigu di tanah air (Anonim, 2019).

Peningkatan impor terigu setiap tahun tidak terlepas dari keunggulannya sebagai sumber protein pembentuk gluten yang menyebabkan adonan bersifat elastis dan dapat direntangkan sehingga adonan dapat mengembang dengan baik saat pemanggangan (Husniarti *et al.*, 2001). Keunggulan terigu sebagai pembentuk gluten dapat didekati sifatnya menggunakan serat pangan seperti gum xanthan (Parwiyanti *et al.*, 2016). Gum xanthan dapat berperan sebagai pengganti gluten karena berupa hidrokoloid yang dapat menurunkan mobilitas fraksi air dan mempengaruhi pengaturan kembali amilosa dan amilopektin granula pati sehingga dapat memperkuat matrik gel pati yang diperlukan dalam proses pengembangan roti non terigu selama pemanggangan.

Konsumsi terigu dapat ditekan dengan cara melakukan diversifikasi pengolahan dengan bahan non terigu yang berasal dari bahan pangan lokal yang ada di Indonesia. Diversifikasi pengolahan dengan bahan non terigu dapat dilakukan melalui substitusi, suplementasi, dan fortifikasi

Salah satu bahan pangan lokal yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam mengurangi konsumsi terigu adalah pati ganyong. Dipilihnya pati ganyong dalam penelitian disebabkan oleh beberapa alasan seperti produk olahan lokal, proses pengolahannya sederhana, kandungan gizi yang baik, kapasitas produksi dan rendemen yang tinggi serta prospek ke depan yang cukup baik (Hidayat, 2010; Richana dan Sunarti, 2004; Sutriso dan Djuwendah, 2011). Kandungan gizi pati ganyong per 100 gram dalam % wb sebagai berikut: kadar air 2,47%, kadar

abu 0,21%, kadar lemak 0,25%, kadar protein 0,45%, kadar karbohidrat 96,62, amilosa 28,05%, dan amilopektin 68,57% (Atnawilastra, 2015).

Produksi umbi ganyong dapat mencapai 2,5-2,84 kg/tanaman dan satu hektar lahan bisa menghasilkan umbi kurang lebih 30 ton (Hasanah dan Hasrini, 2018). Tanaman ini dibudidayakan secara intensif di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur. Umbi ganyong juga dibudidayakan secara tidak teratur di daerah D.I. Yogyakarta, Jambi, Lampung dan Jawa Barat. Namun data produksi secara nasional belum ditemukan. Hal ini diduga tanaman ganyong masih kalah menarik dibandingkan tanaman umbi rimpang lainnya, seperti kunyit dan jahe. Meskipun demikian tanaman ganyong termasuk salah satu tanaman umbi yang diprioritaskan oleh Kementerian pertanian (kementan) untuk dikembangkan dan ditingkatkan produksinya dalam mendukung ketahanan pangan (Kementan 2017).

Saat ini pemanfaatan pati ganyong untuk produk olahan lanjut masih terbilang minim. Beberapa alternatif produk olahan pati ganyong yang telah diteliti seperti macaroni, maltodekstrin, cendol, mie, dan bahan prebiotik. Oleh karena itu, upaya diversifikasi produk olahan berbasis pati ganyong perlu ditingkatkan dalam rangka meningkatkan nilai tambahnya yang pada akhirnya meningkatkan nilai jual umbi dan pati ganyong (Asih, 2010).

Tingginya kandungan amilopektin (70-85%) pati ganyong dapat membuat produk berbahan pati ganyong memiliki sifat daya rekat dan pembentuk gel yang kuat ketika dipanaskan (Pangesthi, 2009). Kadar amilosa pati ganyong yang tinggi, yaitu berkisar 19-25% (Thitipraphunkul, 2003) dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan tekstur yang keras. Karakter-karakter ini sangat cocok dalam

membuat produk *food bar* yang membutuhkan perekat dalam proses pengolahannya dengan tekstur yang agak keras. Namun sebagai bahan pangan yang diharapkan dapat digunakan sebagai pangan fungsional pencegah dislipidemia, pati ganyong memiliki kelemahan karena kandungan SDF dan antioksidannya rendah. Oleh karena itu, jika akan diolah menjadi produk *food bar* yang dapat membantu mencegah dislipidemia perlu sinergi dengan bahan atau tepung lain yang mempunyai kemampuan sebagai pengaya DF dan AO.

Salah satu bahan pangan yang berpotensi untuk diolah menjadi tepung tinggi DF dan AO adalah empulur batang pisang (EBP) pisang varietas Cavendis, klon Jepara 30 (CJ30). Berdasarkan observasi peneliti produksi EBP di PT NTF diperkirakan mencapai 240.000/per batang per bulan. Data produksi EBP secara nasional belum pernah dilaporkan. Namun berdasarkan rasio bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang yang telah dilaporkan yaitu 63% : 14% : 23% (Rahman, 2006). Dan perkiraan bahwa bobot segar EBP 40% segar pisang (observasi peneliti, tidak dipublikasi) serta mengacu produksi pisang tahun 2016 sampai dengan 2018 berturut-turut sebesar 7.264.383 ton, 7.162.680 ton, 7.007.125 ton (BPS, 2020), maka dapat dihitung EBP yang tersedia tahun 2016 sampai dengan 2018 rata-rata mencapai 2.857.982 ton.

Keberadaan EBP di Indonesia khususnya di PT *Nusantara Tropical Farm* (PT NTF) masih dianggap hasil samping atau limbah tanaman pisang. Beberapa tahun terakhir dilaporkan bahwa EBP pisang lokal di Negara Bagian Penang, Malaysia mengandung DF dan AO yang tinggi (Azis *et al.*, 2011). Serat pangan, khususnya SDF dapat memperbaiki kondisi dislipidemia dengan cara menurunkan

kadar TC, LDL, trigliserida, dan meningkatkan HDL darah secara *in vitro* maupun secara *in vivo*. Ho *et al.*, 2012 melaporkan bahwa tepung EBP (*banana pseudo-stem flour*) mengandung 28,26% pati dan RS 12,81%. RS merupakan fraksi pati yang lolos dari pencernaan di usus halus namun dapat difermentasi oleh mikroflora di dalam usus besar (Sajilata *et al.*, 2005). RS memiliki efek fisiologis dapat memperbaiki kondisi dislipidemia dengan cara menurunkan kadar kolesterol, mengikat empedu, bersifat laksatif, dan meningkatkan SCFA (Bianchini *et al.*, 1989; Cummings *et al.*, 1996; Nugent, 2005). EBP juga mengandung AO polifenol (Azis *et al.*, 2011). Beberapa senyawa AO polifenol, antosianin, dan isoflavon diketahui mampu menurunkan kolesterol (Ghiseli *et al.*, 1998; Kirk *et al.*, 1998; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014). Ketersediaan EBP sangat besar sehingga memungkinkan diolah menjadi produk olahan skala industri baik skala rumahan, menengah, bahkan industri besar. Saat ini, pemanfaatan EBP masih sangat minim dan baru sebagai campuran pakan ternak ruminansia dengan skala rumah tangga. Sementara itu, di luar negeri pemanfaatan EBP sudah mulai beragam seperti sumber serat dalam industri bubur kayu dan penghasil energy (Cordeiro *et al.*, 2004)

Adanya kandungan komponen bioaktif seperti DF, RS, dan senyawa AO dalam EBP dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional dalam wujud tepung sehingga lebih fleksibel untuk industri pengolahan lanjutan, menghemat ruangan, dan biaya penyimpanan. Bahkan tepung EBP dapat ditingkatkan manfaatnya menjadi tepung EBP yang kaya DF dan AO. Namun masalah yang mungkin muncul adalah warna tepung EBP yang dihasilkan akan berwarna

coklat. Hal tersebut terjadi akibat aktivitas enzim *Latent Polyphenol Oxidase* (LPPO)/polifenolase yang mengkatalis reaksi oksidasi senyawa polifenol menjadi kuinon yang selanjutnya membentuk polimer dan menghasilkan warna coklat (Yoruk dan Marshall, 2003; Sousa Fernandes, *et al.* 2011).

Masalah warna coklat pada tepung EBP dapat ditangani dengan perlakuan *water blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit. Supaya penerapan metode *water blanching* dan perendaman larutan bisulfit tepat sasaran perlu diketahui lama waktu yang optimal melalui variasi lama *water blanching* dan perendaman.

Food bar dapat diolah dari bahan pati ganyong yang disubstitusi menggunakan tepung EBP yang kaya DF dan AO. Hasil olahannya dapat diberi nama *food bar* pati ganyong - EBP. Tetapi karena karakteristik sifat fisik, kimia, dan fungsional dari tepung EBP dan pati ganyong berbeda sehingga diperlukan proporsi yang sesuai dari kedua tepung. Substitusi tepung EBP dimaksudkan untuk meningkatkan kandungan DF dan AO *food bar* pati ganyong - EBP. Supaya kehadiran *food bar* tersebut dapat diterima konsumen perlu dilakukan uji sensori untuk mengetahui proporsi pati ganyong : tepung EBP yang cocok dalam menghasilkan *food bar* yang mengandung DF dan AO.

Diet yang mengandung tinggi DF dan AO telah terbukti memiliki efek fisiologis terhadap kesehatan. Dalam penelitian ini akan dikaji bagaimana efek fisiologis dari tepung EBP baik dalam bentuk tepung EBP maupun dalam wujud *food bar* pati ganyong – EBP dan bagaimana mekanismenya

1.2. Perumusan Masalah

1. Berapa lama waktu yang optimal yang diperlukan untuk perlakuan *water blanching* suhu air mendidih dan perendaman pada larutan natrium bisulfit 1% untuk menghasilkan tepung EBP dengan warna yang paling putih?.
2. Diantara perlakuan yang digunakan perlakuan mana yang menghasilkan tepung EBP dengan karakteristik yang lebih baik berdasarkan parameter warna, kadar SDF/RS, dan total fenolik.
3. Diantara formula *food bar* pati ganyong - EBP yang diolah, formula mana yang lebih baik berdasar kadar DF/RS dan AO serta sifat sensorinya
4. Bagaimana potensi tepung EBP tinggi serat/RS dan AO dan *food bar* pati ganyong – EBP terhadap perbaikan profil lipid dan peningkatan pertahanan antioksidan plasma tikus dislipidemia
5. Bagaimana mekanisme penurunan kadar kolesterol tikus dislipidemia dari tepung EBP tinggi DF/RS dan *food bar* pati ganyong – EBP.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum adalah mendapatkan informasi karakteristik tepung EBP dan *food bar* yang dibuat dengan campuran pati ganyong dan tepung EBP serta pengaruhnya terhadap profil lipid dan pertahanan antioksidan plasma darah pada tikus dislipidemia

Tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Memperoleh lama waktu yang optimal untuk perlakuan *water blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit yang menghasilkan tepung EBP terbaik dengan warna paling putih
2. Memilih perlakuan yang menghasilkan tepung EBP yang lebih baik berdasarkan parameter warna, kadar SDF/RS, dan total fenolik dan mengkarakteristik sifat fisik maupun sifat kimianya yang berhubungan dengan efek fisiologis terhadap profil lipid tikus dislipidemia
3. Memilih formula *food bar* pati ganyong – EBP yang lebih baik berdasar kadar DF/RS dan AO serta sifat sensorinya
4. Mengevaluasi potensi tepung EBP tinggi DF/RS dan AO dan *food bar* pati ganyong – EBP terhadap perbaikan profil lipid dan pertahanan AO plasma darah tikus dislipidemia
5. Membuktikan kemungkinan mekanisme penurunan kolesterol tikus dislipidemia dari tepung EBP dan *food bar* pati ganyong - EBP berkaitan dengan peran DF/RS melalui peningkatan ekskresi empedu, penghambatan absorpsi kolesterol dan peningkatan produksi asam propionat

I.4. Kebaruan Penelitian

Empulur batang pisang (EBP) merupakan sumber pangan yang kaya akan komponen bioaktif seperti DF/RS, total fenolik, dan aktivitas AO. Beberapa penelitian yang memiliki kesamaan dengan penelitian tentang kemampuan EBP ditunjukkan pada Tabel 1.1. Namun belum ada penelitian yang mengolah tepung EBP sebagai produk pangan yang memiliki kadar DF/RS dan AO yang

berhubungan dengan pengembangan produk dan manfaatnya bagi kesehatan serta mekanismenya dalam menangani dislipidemia.

Hasil penelitian ini akan memberikan informasi baru antara lain :

1. Informasi tentang sumber DF/RS baru yang berasal dari EBP varietas cavendish lokal perkebunan pisang Indonesia.
2. Informasi tentang tepung EBP yang dapat bermanfaat sebagai pengaya DF/RS dan AO.
3. Informasi tentang kemampuan tepung EBP dalam meningkatkan kandungan DF/RS dan AO pada produk *food bar*
4. Informasi tentang kemampuan hipokolesterolemik tepung EBP dan *food bar* pati ganyong - EBP dan mekanismenya

Perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Penelitian sebelumnya yang diperkirakan mempunyai kesamaan dengan penelitian tentang potensi tepung EBP

No	Referensi	Tema Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
1.	Nurhayati, <i>et al.</i> (2016)	Karakteristik bubuk tandan pisang dari empat varietas dan potensi pektinnya sebagai media pertumbuhan mikroba	Karakteristik bubuk tandan pisang dan rendemen pektinnya dari 4 varietas pisang unggulan seperti kepok, agung, cavendish dan mas. Evaluasi potensi pektin bubuk tandan pisang sebagai prebiotik bagi <i>Lactobacillus acidophilus</i>	Bubuk tandan pisang dari berbagai varietas mempunyai karakteristik yang beragam, meliputi kadar air, derajat putih dan kadar polifenol Pektin dari limbah tandan pisang jenis <i>plantain</i> varietas kepok dan agung, serta tandan pisang jenis <i>banana</i> varietas cavendish dan mas memenuhi salah satu kriteria sebagai kandidat prebiotik.	Persamaan: melihat karakteristik tepung yang berasal dari bagian tanaman pisang Perbedaan: varietas yang digunakan, tujuan akhir ingin dicapai, pengembangan produk tepungnya, penelitian ini lebih dalam karena melihat efek produk yang dihasilkan terhadap kesehatan
2.	Parwiyanti <i>et al.</i> (2016)	Sifat pati ganyong termodifikasi dan penambahan Gum Xanthan untuk rerotian.	Memperbaiki kelemahan pati ganyong sehingga menjadi luas aplikasinya dalam industri pangan.	Sifat pati ganyong termodifikasi lebih baik dibandingkan sifat pati ganyong alami	Persamaannya: sama-sama menggunakan bahan pati ganyong dan menggunakan panas Perbedaannya: tujuan dan produk olahan

No	Referensi acuan	Tema Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini berbeda
3.	Indrianti <i>et al.</i> (2013)	Efek penggunaan pati ganyong sebagai bahan substitusi terhadap sifat fisik mie jagung instan	Mengetahui pengaruh pati ganyong terhadap sifat fisik mie jagung	Penggunaan pati ganyong sebagai bahan substitusi (5% dan 10%) tidak berpengaruh terhadap parameter sifat fisik mie jagung	Persamaan: sama-sama menggunakan bahan pangan pati ganyong Perbedaannya: pada penelitian Indrianti et al. (2013), pati ganyong digunakan sebagai bahan substitusi. Sebaliknya penelitian ini pati ganyong sebagai bahan dasar
4.	Lu <i>et al.</i> (2013)	Serat pangan okara dan efek hipoglikemik panganan okara	Menyelidiki komposisi kimia dari DF okara dan menilai IG tiga panganan yang mengandung okara (roti, mie dan roti kukus) secara <i>in vivo</i> , untuk memperkirakan kelayakan penerapan panganan okara	GI untuk okara roti, okara roti dikukus dan okara mie adalah 4978, 5472 dan 52714 mengacu pada glukosa (GI/4100). GI panganan okara lebih rendah panganan control (roti 6773, roti kukus 86.710, dan mie 77.711). Efek hipoglikemik bisa	Persamaan: sama-sama meneliti pengaruh pangan yang mengandung DF terhadap kesehatan secara <i>in vivo</i> , tujuannya sama-sama menekan konsumsi terigu, menguji komposisi kimia serat pangan Perbedaannya: bahan

No	Referensi acuan	Tema Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
			sebagai diet sehat dalam mencegah diabetes.	disebabkan oleh DF okara. Studi ini menunjukkan penggantian tepung terigu dengan bubuk okara dalam membuat panganan pokok merupakan metode yang potensial.	baku berbeda, tujuan tidak melihat AO, pengaruh kesehatan yang dilihat juga berbeda.
5.	Richana dan Sunarti (2004)	Karakterisasi sifat fisikokimia pati ganyong	Melakukan karakteristik sifat fisikokimia pati ganyong	Berdasarkan sifat fisikokimia pati ganyong dapat dimanfaatkan untuk bahan pengental maupun pengisi.	Persamaan: sama-sama menggunakan pati ganyong dan melakukan karakteristik sifat pati ganyong. Perbedaannya: selain melakukan karakteristik sifat fisikokimia pati ganyong juga mengetahui pengaruh pemanfatan pati dengan bahan lain dan pengaruhnya terhadap kesehatan
6.	Sáyago-Ayerdi	Efek konsumsi diet serat	Melihat potensi dan	DF campuran <i>Agave</i>	Persamaan: melihat

No	Referensi acuan	Tema Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian	Perbandingan dengan Penelitian ini
	<i>et al.</i> (2014)	Agave Tequilana dan Calyces Jamaica pada berat badan dan redoks status pada tikus hiperkolesterolemia	dampaknya kombinasi konsumsi DF dan AO tinggi terhadap kesehatan tikus hiperkolesterolemia ditinjau daripada profil plasma lemak dan status redoksnya.	<i>tequilana</i> dan jamaica calyces memberikan efek fungsional untuk menurunkan berat badan, ekspresi NCP-1 transporters serta menurunkan kerusakan oksidatif di sekum, juga meningkatkan efek dari senyawa bioaktif pada profil lipid dan kapasitas AO	potensi dan dampak DF dan AO bagi kesehatan Perbedaan: bahan DF dan AO, metode yang digunakan, kondisi perlakuan, kedalaman penelitian
7.	Ho <i>et al.</i> (2012)	Komposisi mineral dan sifat <i>pasting</i> dari tepung batang semu pisang (Musa acuminata X balbisiana cv. Awak) tanaman lokal Perak, Malaysia	untuk menyelidiki profil kimia dan <i>pasting</i> dari tepung batang semu pisang tanaman local Malaysia	Tepung batang semu mengandung 28,26% total pati, RS 12,81% dan nilai pati total dicerna 15,45%. Peningkatan substitusi BPF menjadi tepung gandum secara signifikan ($p < 0,05$) menurunkan viskositas pasta (PV), pemecahan (BD), dan final viskositas	Persamaan: sama-sama mengukur RS dan sifat <i>pasting</i> dari tepung batang semu. Perbedaannya: bahan berbeda, metode berbeda, kedalaman penelitian berbeda. Pada penelitian ini dilanjutkan sampai manfaat tepung batang semu terhadap kesehatan

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

A. Manfaat bagi ilmu pengetahuan

1. Memberikan informasi tentang pengaruh *water blanching* terhadap SDF/RS, dan AO pada tepung EBP
2. Memperkaya khasanah ilmu pengetahuan tentang potensi DF/RS (sifat fisik, kimia, dan fisiologis) serta AO dalam menurunkan kolesterol penderita hiperkolesterolemia

B. Manfaat bagi masyarakat

1. Tersedianya produk *food bar* siap konsumsi yang kaya akan DF/RS dan AO
2. Tersedianya informasi bagi masyarakat tentang alternatif baru sumber DF/RS dan AO yang bermanfaat bagi kesehatan dari tepung EBP
3. Memberikan informasi tentang pemanfaatan tepung EBP sebagai penurun kolesterol sehingga memberikan nilai tambah bagi pemanfaatan limbah EBP

C. Manfaat bagi industri

1. Memberikan informasi peluang diversifikasi produk tepung EBP sebagai komponen pangan fungsional

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pisang Cavendish Jepara 30

Pisang Cavendish Jepara 30 (CJ30) merupakan jenis pisang ambon berwarna kuning emas yang dijual dengan merek dagang *sunpride*. Pisang CJ30 ini termasuk dalam komoditas pisang segar (*edible banana*) golongan *M. acuminata* dengan genom AAA (Stover dan Simmonds, 1987). Pisang Cavendish terdiri dari berbagai jenis seperti, diploid A, triploid A dan tetraploid A.

Adapun taksonomi pisang Cavendish sebagai berikut:

Kindom	: Plantae
Devisi	: Spermatophyta
Sub Devisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledoneae
Famili	: Musaceae
Genus	: Musa
Spesies	: <i>Musa acuminata</i> Colla
Ploidi	: Triploid A (AAA)
Varietas	: Cavendish
Klon	: Cavendish Jepara 30 (CJ30)

Pisang Cavendish termasuk dalam jenis pisang yang mendominasi 95% perdagangan pisang di dunia dan produsennya banyak berasal dari negara tropis seperti halnya Indonesia (Robinson dan Sauco, 2010). Kebutuhan konsumen domestik akan pisang di Indonesia telah dapat dicukupi oleh produksi pisang Cavendish lokal. Salah satu pemasok pisang adalah perkebunan pisang Cavendish PT. *Nusantara Tropical Farm* (NTF) Lampung Tengah (Gambar 2.1.).

Luas kebun produksi PT ini ditaksir mencapai 1.623 ha dan produktivitas bersih mencapai ± 50 ton/ha. Produksi tersebut dipasarkan untuk kebutuhan

domestik sebesar 80% dan hanya 20% diekspor ke berbagai negara. Produk ekspor pisang ini diproduksi bersama dengan *Del Monte Produce* Filipina (Wiwaha, 2007).



Gambar.2.1. Kebun Pisang Cavendish PT. *Nusantara Tropical Farm* (NTF) Lampung Tengah

Pisang *Cavendish* semakin diminati, karena kandungan nutrisinya tinggi dan lengkap serta banyak manfaatnya untuk kesehatan (Stover dan Simmonds, 1987). Hal ini tidak terlepas dari beberapa keistimewaan yang dimiliki oleh pisang jenis ini seperti cita rasa yang lezat, tingkat kemanisan 19-210 Brix dengan sedikit rasa asam dan tekstur daging buah relatif pulen. Di Indonesia, beberapa keunikan tertentu dimiliki oleh pisang jenis ini seperti seperti kulit tipis, warna kuning muda, daging buah kuning, rasa manis, dan aroma khas. Pisang *Cavendish*

produksi PT NTF dipasarkan dalam bentuk kelas (*grade*) tertentu disesuaikan dengan pasar yang dituju yaitu kelas A, kelas B, dan Kelas C (Wiwaha, 2007).

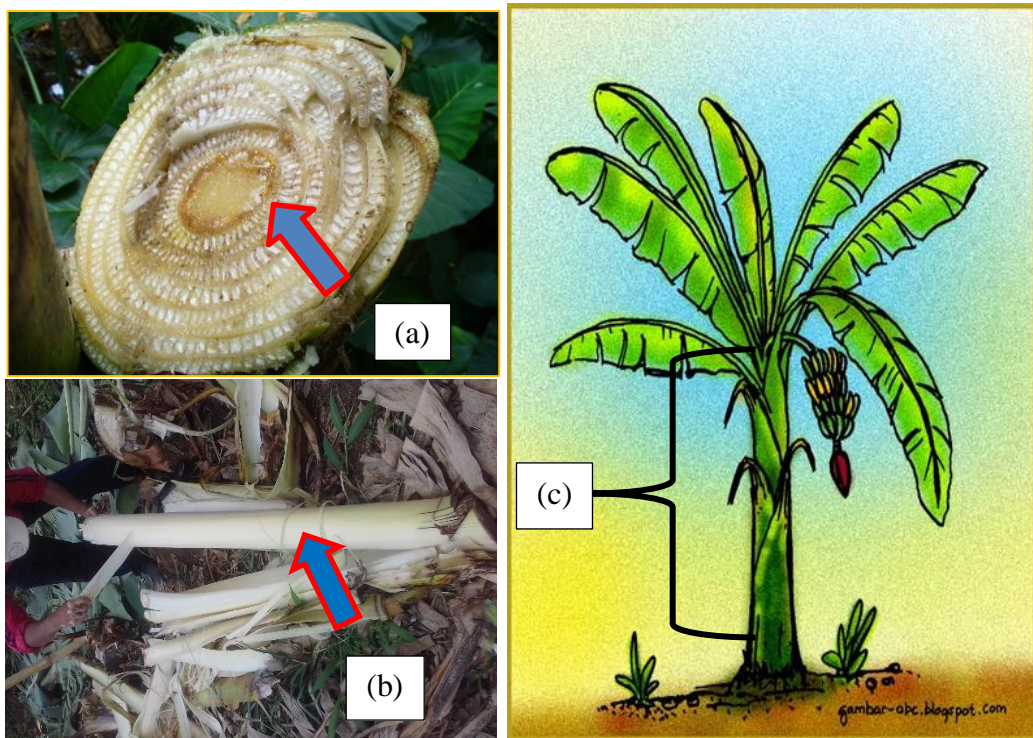
2.2. Empulur Batang Pisang

Empulur batang pisang (EBP) adalah bagian batang pisang yang letaknya berada ditengah (inti) batang semu (*Pseudostem*) yang berbentuk seperti tabung dengan diameter 5-6 cm (Gambar 2.2). Nama lain atau istilah lain dari EBP adalah *the tender core of the banana pseudo-stem* (bagian inti yang lunak dari pseudostem), *the floral stem* (batang bunga yang terlihat ditengah pseudostem) dan *banana pith*. EBP ini telah lama dikonsumsi oleh warga negara India, Indonesia, dan malaysia (Mohapatra *et al.*, 2010; Anonim, 2011), dalam jumlah yang sangat terbatas. Sebagian besar EBP di Indonesia belum dimanfaatkan atau masih dianggap dalam jenis produk samping atau limbah. Begitu pula halnya dengan EBP PT NTF sampai saat ini belum diolah dan dibuang di areal kebun.

EBP di PT NTF dapat diperoleh bersamaan dengan proses panen pisang. Pisang Cavendish dipanen sesuai aturan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pisang dipanen setelah buah pisang berumur 11-14 minggu sejak keluar jantung atau 9—11 minggu setelah sisir pisang terakhir terbuka atau diameter jari pisang pada sisir kedua dari bawah sudah mencapai diameter 3 cm. Buah pisang dipanen dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan kulit buah pisang. Tandan pisang dipotong dari batang pisang kemudian langsung ditempatkan pada *shoulder pad* yang terbuat dari busa untuk dibawa ke *cableway*. Buah di bawa secara hati-hati dan sesegera mungkin ke *packing house* (Wardhana, 2014). Di areal *packing*

house, sisir-sisir buah pisang dilepaskan dengan alat khusus selanjutnya sisir diproses lebih lanjut ke tahap pengepakan.

Sedangkan EBP beserta batang semuanya ditangani tersendiri dengan cara memotong batang menjadi ukuran lebih kecil kemudian ditumpuk di sekitar rumpun pisang. Limbah ini dibiarkan di sekitar rumpunnya sampai mengalami pembusukan. Limbah EBP ini diperkirakan lebih besar dan panjang dibandingkan tandan pisang tempat melekatnya sisir. Hal ini disebabkan keberadaan limbah tandan ini mengikuti tinggi batang pisang. Tinggi batang pisang Cavendish diperkirakan berkisar dari 1.5-4 m (Wardhana, 2014)



Gambar 2.2. Empulur batang pisang (EBP), (a) Penampakan EBP dalam batang Pisang, (b) EBP yang telah dipisahkan dari batang semu, (c) sebaran EBP pada batang pisang utuh (<https://www.google.co.id>)

EBP varietas lokal Pulau Balik dan Gelugor Penang Malaysia dilaporkan kaya akan nutrisi seperti DF dan AO (Azis *et al.*, 2011). EBP juga diduga mengandung RS. Hal ini dimungkinkan dengan adanya laporan penelitian yang menyatakan bahwa tepung batang semu (*banana pseudo-stem flour*) varietas lokal Malaysia mengandung RS 12,81% dan pati 28,26% (Ho *et al.*, 2012).

2.3. Pati Ganyong

Umbi ganyong (*Canna edulis* Ker.) merupakan produk lokal Indonesia yang produksinya cukup tinggi (Gambar 2.3). Produktivitas ganyong di Jawa diperkirakan mencapai 30 ton per hektar pertahun (Hidayat, 2010). Sementara potensinya dapat mencapai 44,5-49,40 ton/ha (Hasanah dan Hasrini, 2018). Tanaman ganyong sudah dibudidayakan secara teratur di beberapa wilayah di Indonesia seperti Jawa Tengah, Jawa Timur, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jambi, Lampung, dan Jawa Barat (Suryaningtyas *et al.*, 2014). Produksi dan luas areal tanaman ganyong masa yang akan diperkirakan akan terus meningkat. Hal ini mengingat ganyong termasuk salah satu tanaman umbi yang diprioritaskan oleh pemerintah dalam mendukung ketahanan pangan (Kementan, 2017)

Pati ganyong merupakan produk turunan yang mudah dibuat sehingga banyak diproduksi sebagai hasil olahan ganyong. Persentase amilosa dan amilopektin yang dikandung pati ganyong sangat tinggi, sehingga memungkinkan proses gelatinisasi dapat berjalan dengan baik. Kandungan amilopektin (70-85%) lebih tinggi dibanding amilosanya (15-30%). Secara lengkap komposisi kimia pati ganyong dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia pati ganyong

Komposisi kimia	%wb	%db
Kadar air	2,47	-
Kadar abu	0.21	0.22
Kadar lemak	0.25	0.26
Kadar protein	0.45	0.46
Kadar karbohidrat (by difference)	96.62	99.06
Kadar amilosa	28.05	28.76
Kadar amilopektin (by difference)	68.57	70.31

Sumber: Atnawilastra, Y (2015)

Selain nilai gizi di atas, pada pati ganyong juga ditemukan fosfat yang terikat sebagai ester fosfat maupun ester fosfat kalsium. Pati fosfat ganyong ini termasuk RS yang berpotensi sebagai prebiotik dan bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia (Brouns *et al.* 2002). Namun demikian tinggi atau rendahnya kadar fosfat dan amilosa yang dikandung oleh pati ganyong tidak mencerminkan tingginya kadar RS pada pati ganyong (Rabecca, 2014).

Secara umum, produk pati telah dimanfaatkan secara luas dalam pembuatan produk pangan. Selain diaplikasikan sebagai bahan dasar produk, pati juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan pangan. Contoh aplikasi pati sebagai bahan tambahan pangan adalah sebagai *gelling agent*, pengental, penyerap air, dan perekat (Eliasson dan Gudmundsson, 2006).

Saat ini, industri pengolahan pati ganyong mudah ditemukan meskipun masih skala industri kecil atau rumahan. Salah satu industri rumahan pati ganyong yang dapat dijumpai adalah Kelompok Mekarsari yang ada di Desa Sendang Sari, Kulonprogo, Yogyakarta. Pada kelompok ini, selain pati ganyong merek Mekarsari juga ditemukan produk lain seperti tepung ganyong dan tepung umbi Garut.

Salah satu masalah pokok industri pati ganyong adalah warna pati yang dihasilkan cenderung berwarna putih kecoklatan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya reaksi oksidasi senyawa polifenol menjadi kuinon (warna coklat) yang dikatalis oleh enzim polifenolase. Salah satu cara untuk menekan kemungkinan pencoklatan adalah dengan *blanching* atau dengan penggunaan natrium bisulfit.



Gambar 2.3. Ganyong, (a) tanaman, (b) umbi, (c) pati ganyong
(<https://www.google.co.id>)

2.4. *Blanching* dan Perendaman Larutan Natrium Bisulfit

Blanching dengan air panas (*Water Blanching*) merupakan metode yang paling sering diterapkan karena dapat mengurangi kehilangan komponen yang

tidak tahan panas. Proses *blanching* umumnya dilakukan pada suhu di bawah 100°C atau berkisar 75 - 95°C selama 5-15 menit.

Serat pangan beberapa sampel penelitian turun atau rusak pada perlakuan panas yang tinggi seperti rusaknya DF total pada pemanasan dedak gandum bahan pangan (*wheat bran*) (Johansson, 2012) dan turunnya SDF pada tanaman polong-polongan (legume) (Kutos *et al.*, (2003); Rehinan *et al.*, (2004)). Perlakuan panas yang tinggi dengan waktu lama juga telah dilaporkan dapat menurunkan kapasitas antioksidan (Tang *et al.*, 2012). Namun demikian perlakuan panas dalam pengolahan yang sesuai juga dapat meningkatkan total fenolik dan aktivitas antioksidan berbagai produk penelitian (Kim *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2007). Sementara itu, perendaman dalam larutan natrium bisulfit atau zat pemutih dimaksudkan untuk mendegradasi polimer lignin penyebab warna coklat secara hidrolisis (Aurelia, 2016). Senyawa bisulfit juga dilaporkan mampu menginaktifkan enzim fenolase dan enzim pemecah pati lain sehingga mengurangi kemampuannya untuk menghidrolisis pati (Patmaningrum dan Utomo, 2009).

Natrium bisulfit dapat berperan sebagai agen pemucatan/pemudaran warna pada prosedur pemurnian karena dapat mereduksi agen oksidasi pewarna dengan kuat dan akan berkonjugasi dengan senyawa alkena dan karbonil. Sriwahyuni (1986) menyatakan bahwa peningkatan jumlah natrium bisulfit akan menekan reaksi pencoklatan non-enzimatik yang dapat mengakibatkan kerusakan protein karena asam amino sekundernya berikatan dengan gula reduksi.

2.5. Serat Pangan

2.5.1. Definisi dan komponen serat pangan

Serat pangan (*dietary fiber*/DF) didefinisikan sebagai bagian tumbuhan yang dapat dimakan atau karbohidrat analog, yang tahan pencernaan dan absorpsi di dalam usus halus manusia dan mengalami fermentasi sebagian atau seluruhnya di dalam usus besar. Komponen DF meliputi polisakarida, karbohidrat analog, oligosakarida, lignin, dan bahan yang terkait dengan dinding sel tanaman (*waxes*, *cutin*, *suberin*) (Anonim, 2001)

Berdasarkan fungsinya, DF dibagi menjadi tiga, yaitu polisakarida struktural, nonpolisakarida struktural, dan polisakarida nonstruktural. Polisakarida struktural terdiri dari polisakarida yang terkait dengan dinding sel, termasuk selulosa dan polisakarida non selulosa (hemiselulosa dan beberapa pektin). Non polisakarida struktural terdiri dari lignin sebagai jenis yang paling utama, sedangkan polisakarida nonstruktural terdiri dari gums dan mucilages yang dikeluarkan oleh sel-sel serta polisakarida seperti karagenan dan agar dari alga dan rumput laut (Scheeman, 1985).

Berdasarkan sifat kelarutannya DF dibedakan menjadi SDF dan serat tidak larut air (*insoluble dietary fiber*/IDF). Perbedaan sifat kelarutan DF berpengaruh pada perbedaan sifat fisiologis yang ditimbulkan (Galisteo *et al.*, 2008). Serat larut air atau *viscous fiber* merupakan pembentuk gel alami. Serat larut air terdiri dari pektin, gums, mucilages, *algal polysaccharides* dan *storage polysaccharides*. Serat larut dapat ditemui pada bahan pangan seperti, kacang-kacangan, gandum (*oats*), jelai (*barley*), beberapa buah dan sayuran (Thewissen and Mensink, 2008).

Serat tidak larut air termasuk polisakarida struktural atau *nonviscous fiber*. Serat tidak larut air terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Serat ini dapat ditemukan pada berbagai bahan pangan seperti sayuran, sereal, gandum, dan jagung.

2.5.2. Sifat kimia dan fisik serat pangan

Serat pangan mempunyai komposisi kimia yang berbeda-beda. Komposisi kimia DF bervariasi tergantung dari komposisi dinding sel tanaman penghasilnya, seperti selulosa, hemiselulosa, pektin, lignin, gums dan mucilages.

Komponen dinding sel utama pada tanaman adalah selulosa yang merupakan polimer glukosa tanpa cabang. Selulosa adalah polimer glukosa rantai lurus dengan ikatan glukosidik β -1,4 yang merupakan komponen struktural utama dinding sel dan cenderung bersifat *insoluble*. Selulosa memiliki ketahanan terhadap degradasi biologis, kelarutan air yang rendah, dan tahan terhadap hidrolisis asam karena adanya ikatan hidrogen dalam mikrofibrilnya. Selulosa tidak larut dalam alkali kuat dan hanya 10-15% saja yang mudah dihidrolisis asam, yaitu pada lapisan amorfnya. Selulosa tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia sampai batas tertentu (Dhingra *et al.*, 2012).

Hemiselulosa terdiri dari unit-unit glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosidik, bercabang, dan memiliki ukuran lebih kecil, yaitu mengandung kurang dari 200 residu gula (Kay, 1982). Hemiselulosa merupakan polisakarida heteropolimer yang menyusun dinding sel tanaman tingkat tinggi dan sering terikat dengan selulosa dan lignin. Struktur hemiselulosa dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan komposisi rantai utamanya yaitu (1) D- xylan yaitu 1-4 xylosa; (2)

Dmanan yaitu (1 – 4) -D- mannos; (3) D-xyloglucan dan (4) D-galactans yaitu 1-3 -Dgalaktosa. Hampir semua hemiselulosa disubstitusi dengan berbagai karbohidrat lain atau residu non karbohidrat. Karena berbagai rantai cabang yang tidak seragam menyebabkan senyawa ini secara parsial larut air (Izydorczyk *et al.*, 2005)

Pektin adalah kelompok polisakarida kompleks dengan D-galacturonic acid sebagai kontituen utama. Pektin adalah komponen struktural dinding sel tanaman dan sebagai bagian dari interseluler batang. Pektin bersifat sangat larut dalam air dan hampir seluruhnya dimetabolisme oleh bakteri kolon. Pektin mempunyai kemampuan membentuk gel sehingga dapat menurunkan tingkat pengosongan lambung dan mempengaruhi waktu transit di usus halus. Hal tersebut berpengaruh pada sifat hipoglikemik pektin (Dhingra *et al.*, 2012)

Lignin merupakan polimer non karbohidrat yang bersifat tidak larut dalam air. Lignin merupakan senyawa turunan alkohol kompleks yang menyebabkan dinding sel tanaman menjadi keras. Lignin merupakan heteropolimer yang sebagian besar monomernya p-hidroksifenilpropana dan semua lignin mengandung koniferil alkohol. Lignin tidak larut dalam air dan sebagian besar pelarut organik (Kay, 1982).

Gum merupakan polisakarida yang dihasilkan dari getah atau eksudat tanaman seperti gum arab, gum tragacath, gum karaya, gum ghatti. Adapula gum yang diekstrak dari biji atau cabang tanaman berbatang lunak dan gum yang berasal dari mikroorganisme seperti gum xhantan (Tensiska, 2008).

Gum terdapat pada bagian lamela tengah atau diantara dinding sel tanaman. Komposisinya lebih sedikit dibandingkan dengan jenis serat lain. Namun kegunaannya amat penting, yaitu sebagai penutup dan pelindung bagian tanaman yang terluka (Beck, 2011). Gum memiliki molekul hidrofilik yang berkombinasi dengan air, menyebabkan gum mampu membentuk gel (Silistijani, 1999).

Selain sifat kimia seperti dijelaskan di atas, DF juga mempunyai sifat-sifat fisik yang sangat penting dalam menentukan fungsi fisiologisnya. Marsono (2004) menyatakan bahwa sifat-sifat spesifik DF yang berkaitan dengan efek fisiologisnya meliputi: fermentabilitas, kapasitas pengikatan air, asorpsi molekul organik, viskositas dan sifat penukar ion.

2.5.2.1. Fermentabilitas

Serat pangan tidak dapat dicerna di dalam usus halus mamalia, namun dapat difermentasi sebagian atau seluruhnya oleh bakteri yang terdapat pada kolon. Hasil fermentasi DF antara lain asam lemak rantai pendek atau *short chain fatty acid* (SCFA), gas methane (CH_4), karbon dioksida (CO_2), dan hidrogen. SCFA yang dihasilkan dalam jumlah besar seperti asam asetat, propionat, dan butirrat. Sementara SCFA yang dihasilkan dalam jumlah kecil seperti asam valerat, iso valerat, dan iso butirrat. Kemampuan fermentasi DF mempengaruhi keruahan feses' yang disebabkan oleh massa bakteri dalam feses tersebut. Efektivitas fermentasi tergantung dari jenis DF dan berpengaruh pada sifat *laksative* yang ditimbulkan. Sebagai contoh, polisakarida bukan selulosa lebih mudah difermentasi oleh bakteri dan mempunyai andil menghasilkan SCFA

yang dapat menyehatkan kolon. Kemampuan fermentasi DF banyak dimanfaatkan dalam penyediaan makanan prebiotik (Marsono, 2004)

2.5.2.2. Kapasitas pengikatan air

Kapasitas pengikatan air atau *water holding capacity* (WHC) didefinisikan oleh Clearly and Prasky (2001) dalam Taghipoor *et al.* (2014) sebagai kemampuan DF untuk menyerap air ketika dicampur dengan air dan ketahanannya untuk tetap berada dalam matriks tersebut. Materi berserat digambarkan berperan seperti sapon, mengambil air sehingga meningkatkan jumlah isi usus dan menyebabkan stimulasi mekanik peristaltik (Cumming, 1984). Grup polar bebas pada residu gula dapat menentukan kapasitas hidrasi polisakarida. Hidrasi DF menghasilkan matriks gel yang dapat meningkatkan viskositas usus halus (Schneeman, 1985; Marsono, 2004).

Adanya kapasitas pengikatan air di dalam usus halus mempunyai pengaruh penting pada penyerapan nutrisi. Difusi nutrisi pada proses absorpsi akan diperlambat karena materi yang larut dalam air dipartisi menjadi matriks gel dan karena adanya kenaikan viskositas usus halus (Schneeman, 1985). Kapasitas pengikatan air pada DF memiliki efek fisiologis penting baik di bagian atas dan bawah usus halus. Pada usus halus bagian atas, kapasitas pengikatan air DF dapat mempengaruhi pola penyerapan nutrisi, menimbulkan rasa kenyang postprandial dan motilitas usus. Serat viskus seperti guar dan pektin dapat mengurangi tingkat penyerapan glukosa, hal disebabkan karena terjadinya partisi nutrisi yang larut dalam air ke dalam struktur gel, sehingga mengurangi tingkat difusi keduanya terhadap permukaan serap mukosa (Kay, 1982).

Kapasitas pengambilan air berbeda berdasarkan tipe seratnya. Serat tidak larut diketahui mempunyai kapasitas pengikatan air yang lebih tinggi daripada SDF. Pektin, mucilages, dan sejumlah kecil hemiselulosa mempunyai kapasitas pengikatan air yang besar (Schneeman, 1985).

Adanya DF dalam feses menyebabkan feses dapat menyerap air yang banyak sehingga volumenya menjadi besar dan teksturnya menjadi lunak. Adanya volume feses yang besar akan mempercepat kontraksi usus untuk lebih cepat buang air. Volume feses yang besar dengan tekstur lunak dapat mengencerkan senyawa karsinogen yang terkandung di dalamnya, sehingga konsentrasinya jauh lebih rendah. Mekanisme demikian menyebabkan kontak antara zat karsinogenik dengan usus besar lebih rendah dan terjadi dalam waktu yang lebih singkat, sehingga tidak memungkinkan terbentuknya sel-sel kanker. Adanya DF dalam usus besar menyebabkan feses banyak menyerap air sehingga konsistensinya menjadi lunak dan volumenya besar. Hal ini menyebabkan feses mudah keluar tanpa menimbulkan luka pada dinding usus besar (Anonim, 2006).

2.5.2.3. Absorpsi molekul organik

Sejumlah bahan organik seperti asam empedu, steroid, berbagai senyawa beracun dan bakteri mungkin terikat secara reversibel oleh DF saat melewati saluran sepanjang gastrointestinal (Kay, 1982). Studi *in vitro* menunjukkan bahwa lignin sangat potensial untuk mengikat asam empedu. Pektin dan polisakarida asam juga bersifat mengikat asam empedu. Sebaliknya, selulosa hanya memiliki kemampuan yang kecil dalam mengikat asam empedu (Schneeman, 1985).

Kemampuan mengikat asam empedu secara *in vivo* dapat ditelusuri dengan mengukur ekskresi asam empedu dan sterol di dalam feses. Kemampuan untuk meningkatkan ekskresi empedu melalui feses berhubungan dengan mekanisme penurunan kolesterol darah, terutama SDF seperti pektin dan guar gum (Marsono, 2004)

2.5.2.4. Viskositas

Viskositas fluida mudah digambarkan sebagai resistensi terhadap aliran. Umumnya, apabila suatu DF meningkat berat molekulnya atau panjang rantainya, maka viskositas DF juga meningkat. Polimer berantai panjang seperti gums mempunyai kemampuan mengikat air yang signifikan dan menunjukkan viskositas cairan tinggi. Secara umum, DF yang bersifat sangat larut, sangat bercabang atau polimer dengan rantai yang relatif pendek memiliki viskositas yang rendah (Dhingra *et al.*, 2012). Viskositas yang tinggi pada DF berperan dalam menunda pengosongan perut, mempercepat waktu transit, mengurangi absorpsi seperti gula dan kolesterol di dalam usus halus sehingga baik untuk penderita diabetes dan kolesterol (Marsono, 2004).

2.5.2.5. Potensi sebagai penukar ion

Availabilitas mineral dan absorpsi elektrolit yang rendah berhubungan dengan diet tinggi DF karena kemampuan serat dalam mengikat elektrolit dan mineral, serta meningkatkan ekskresi feses. Banyaknya grup karbonil bebas pada residu gula dan adanya asam urat polisakarida menunjukkan adanya hubungannya dengan sifat penukar ion DF (Schneeman, 1985)

2.5.3. Fisiologi dan kesehatan serat pangan

Serat pangan dapat memberikan beberapa efek fisiologi yang dapat menimbulkan sifat fungsional yang sangat bermanfaat untuk kesehatan. Efek fisiologi serat pangan sangat erat kaitannya dengan sifat fisik dan kimia serat pangan. Efek fisiologis serat pangan yang berkaitan dengan sifat fisik dan kimia meliputi: viskositas, fermentabilitas, kapasitas pengikatan air, absorpsi molekul organik dan sifat penukar ion (Marsono, 2004).

Serat pangan dapat digolongkan berdasarkan kelarutannya menjadi SDF dan IDF. Kedua golongan serat ini memberikan efek fisiologi yang berbeda karena memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda.

Serat pangan larut (SDF) memberikan efek fisiologis berupa sifat kental (viskus) atau memberikan viskositas yang tinggi pada digesta. Sifat viskus ini dapat menunda pengosongan perut, memperpanjang waktu transit, dan dapat mengurangi kecepatan absorpsi di dalam usus halus. Sifat-sifat ini dapat mengurangi kolesterol dan absorpsi glukosa sehingga dapat memberikan efek kesehatan seperti mencegah diabetes tipe 2 maupun hiperkolesterol (Galisteo *et al.*, 2008). Efek fisiologis SDF berupa kemampuan mengikat molekul organik seperti asam empedu, kolesterol, dan toksin. Sifat ini dapat memberikan manfaat untuk kesehatan seperti mencegah hiperkolesterolemia dan kanker kolon. Serat pangan larut juga memberikan efek fermentabilitas yaitu terfermentasinya SDF dalam kolon yang menghasilkan SCFA (*short chain fatty acids*), diantaranya asetat, propionat dan butirat. Asam propionat yang dapat mencegah kenaikan kolesterol (Maryanto, 2019) atau mencegah kanker kolon (butirat) (Ratnaningsih,

2018). Sementara itu, IDF dapat memberikan efek fisiologis berupa kapasitas pengikatan air yang besar sehingga dapat mengakibatkan digesta (isi usus) ruah dan berkadar air tinggi. Efek fisiologis ini dapat dimanfaatkan untuk kesehatan seperti mencegah konstipasi maupun diverticulosis (Marsono, 2008). Beberapa efek fisiologis yang dapat ditimbulkan oleh IDF antara lain meningkatkan volume tinja atau memberikan efek ruah/bulky tinja dan membantu pengaturan buang air besar. Asupan IDF yang dianjurkan untuk orang dewasa setiap hari kurang lebih 80% dari total asupan DF sebesar 25 gram (di negara industri), (Theuwissen dan Mensink, 2008).

2.6. Pati Resistan (*Resistant Starch/RS*)

Pati resisten (RS) merupakan fraksi pati yang lolos dari pencernaan di usus halus, tetapi dapat diuraikan oleh mikroba melalui fermentasi di dalam usus besar atau kolon (Sajilata *et al.*, 2006). Hasil fermentasi RS oleh mikroba di kolon SCFA khususnya asetat, propionat, dan butirat yang bermanfaat bagi kesehatan.

Pati Resisten (RS) digolongkan dalam lima kategori, yaitu RS1 merupakan pati yang secara fisik tidak dapat dicerna karena terperangkap pada matriks yang tidak tercerna, RS2 merupakan pati yang belum tergelatinisasi, RS3 merupakan pati yang mengalami retrogradasi, RS4 merupakan pati yang termodifikasi secara kimia, RS5 merupakan pati yang terbentuk akibat adanya amilosa dan lipid (Birt *et al.*, 2015). Di antara ke lima jenis pati RS, pati jenis RS3 merupakan fraksi pati yang paling resisten. RS3 terbentuk dari retrogradasi amilosa selama proses pendinginan setelah proses gelatinisasi pati. Retrogradasi merupakan proses kristalisasi kembali pati yang telah mengalami gelatinisasi (Winarno, 2000).

Pemanasan kembali serta pendinginan pati yang telah mengalami gelatinisasi dapat merubah struktur pati yang mengarah pada terbentuknya kristal baru yang tidak larut berupa pati terretrogradasi (Marsono, 1999).

Pati resisten memiliki efek fisiologis bagi kesehatan, seperti RS dapat menurunkan kadar kolesterol dan triasilgliserol, RS dapat mengikat asam empedu, RS bersifat laksatif, dan RS dapat meningkatkan SCFA (Nugent, 2005). Efek fisiologis RS mirip dengan SDF.

Mekanisme penurunan kolesterol darah oleh RS juga dilaporkan mirip SDF. Penurunan kolesterol oleh RS dapat disebabkan kemampuan RS mengikat asam empedu (Bianchini *et al.*, 1989), bersifat laksatif (Cummings *et al.*, 1992), dan dapat meningkatkan SCFA (Nugent, 2005; Sajilata *et al.*, 2006). Adanya fermentasi akan meningkatkan katabolisme lemak dan penurunan pH kolon

2.7. Antioksidan

2.7.1. Pengertian antioksidan

Antioksidan merupakan suatu komponen yang terdapat dalam konsentrasi rendah apabila dibandingkan dengan komponen yang mudah teroksidasi namun mampu memperlambat atau menghambat komponen tersebut (Halliwell dan Gutteridge, 1999). Selanjutnya Halliwell dan Gutteridge (1999) juga menyatakan antioksidan merupakan salah satu komponen bahan makanan yang bermanfaat bagi kesehatan karena dapat menghambat radikal bebas dan berbagai penyakit yang disebabkan, seperti karsinogenesis, kardiovaskular, dan penuaan dini. Pengertian lain dari antioksidan adalah substansi yang dapat menunda, memperlambat atau mencegah kerusakan pada bahan makanan akibat oksidasi.

Antioksidan dapat terbentuk secara alami pada produk atau ditambahkan selama proses pengolahan. Antioksidan yang ditambahkan tersebut dapat mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan produk tetapi antioksidan tersebut tidak akan meningkatkan kualitas bahan pangan (Reische *et al.*, 2004). Antioksidan jenis ini dikenal sebagai antioksidan dalam sistem pangan. Selain antioksidan dalam sistem pangan, juga dikenal antioksidan dalam sistem biologis yang diproduksi oleh tubuh.

2.7.2. Penggolongan antioksidan.

Berdasarkan sumbernya antioksidan dapat berasal dari dalam tubuh (*endogenous*) dan luar tubuh (*exogenous*) yang bersal dari diet (Marsono *et al.*, 2005). Antioksidan yang dibuat oleh tubuh berupa enzim seperti *superoksida dismutase*, *glutathione peroxidase*, dan *katalase*. Sementara itu, antioksidan diet dapat berupa antioksidan alami dan antioksidan sintetik. Antioksidan alami dapat diperoleh dari tanaman atau hewan, seperti tokoferol, vitamin C, betakaroten, flavonoid, dan senyawa fenolik. Antioksidan sintetik adalah antioksidan yang dibuat dari bahan-bahan kimia, seperti *butylated hydroxyanisole* (BHA), *butylated hydroxytoluena* (BHT), *tertiary butyl hydroquinon* (TBHQ), *propyl gallate* (PG), dan *norhihydro guaretic acid* (NDGA) yang ditambahkan dalam makanan untuk mencegah kerusakan lemak

2.7.3. Fungsi antioksidan

Antioksidan berfungsi menunda oksidasi molekul-molekul lain dengan menghambat reaksi rantai oksidasi radikal bebas pada tahap inisiasi atau

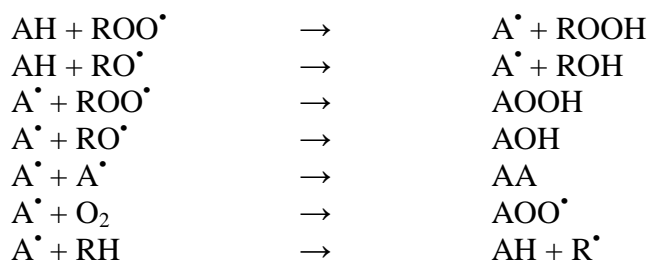
propagasi. Berdasarkan fungsinya antioksidan dapat dibedakan menjadi 5 (lima) macam yaitu: (1) Antioksidan Primer. Antioksidan ini berfungsi sebagai akseptor radikal bebas dan mengganggu tahap propagasi sehingga antioksidan primer dapat memutus radikal bebas. Dengan kata lain, fungsi antioksidan primer mencegah terbentuknya radikal bebas baru dengan cara merubah radikal bebas yang terbentuk menjadi molekul yang kurang reaktif. Contoh antioksidan primer seperti enzim *superoksida dismutase* (SOD), senyawa fenolik, tokoferol alami dan sintetik, *PG*, *BHA*, *BHT*, dan *TBHQ*.

Senyawa fenolik termasuk antioksidan primer karena dapat mendonorkan atom hidrogen dari gugus fenoliknya untuk menghentikan reaksi oksidasi radikal bebas berantai. Senyawa fenolik tergolong sebagai antioksidan yang dapat menghambat pembentukan radikal bebas dengan cara memutus reaksi berantai (polimerisasi) selanjutnya mengubah menjadi produk yang stabil sehingga antioksidan ini juga dikenal sebagai antioksidan pemutus rantai (*chain breaking antioxidant*), (2) Antioksidan sekunder. Antioksidan sekunder dikenal juga dengan istilah antioksidan *eksogenus* atau non enzimatis yang berfungsi sebagai sistem pertahanan preventif. Mekanisme kerja enzim ini memotong reaksi oksidasi berantai dari radikal bebas atau menangkap (*free radical scavenger*) radikal bebas sehingga tidak dapat bereaksi dengan komponen seluler. Contoh antioksidan sekunder adalah vitamin E, vitamin C, dan betakaroten, (3) Antioksidan tersier. Antioksidan jenis ini dapat memperbaiki sel-sel dan jaringan yang rusak akibat serangan radikal bebas. Contoh antioksidan tersier adalah enzim *metionin sulfoksidan reduktase*, (4) Antioksidan *Oxygen Scavenger*.

Antioksidan ini dapat bereaksi dengan oksigen (mengikat oksigen) sehingga reaksi oksidasi akan terhambat. Contoh antioksidan jenis ini adalah *askorbic acid*, *ascorbyl palmitate*, *erythorbic acid*, dan garam sodium, (5) Antioksidan *Chelators/Sequestants*. Antioksidan jenis ini dapat mengikat atau menangkap ion logam seperti tembaga dan besi yang menginisiasi oksidasi lipida melalui aksi katalitik (Laker dan Steward, 1997).

2.7.4. Mekanisme kerja antioksidan

Gordon (1990) menyatakan bahwa mekanisme kerja senyawa antioksidan adalah mengkelat ion logam, menghilangkan oksigen radikal, memecah reaksi rantai inisiasi, menyerap energi oksigen singlet, mencegah pembentukan radikal, menghilangkan dan atau mengurangi jumlah oksigen yang ada. Mekanisme reaksi senyawa antioksidan (Gordon, 1990) (Gambar 2.4).



Keterangan:

AH = antioksidan

ROO^{\bullet} = radikal peroksil

RH = lemak atau minyak tak jenuh R^{\bullet} = radikal asam lemak tak jenuh

Gambar 2.4. Mekanisme reaksi senyawa antioksidan (Gordon, 1990)

Menurut Chapple (2000) dalam Ridha (2009), berdasarkan cara kerjanya antioksidan dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu *preventive*, *scavenging*, dan *enzyme antioxidant*. *Preventive antioxidant* merupakan antioksidan yang bekerja

dengan cara mencegah pembentukan radikal bebas ROS (*reactive oxygen species*) baru. ROS merupakan radikal bebas yang berupa oksigen dan turunannya yang sangat reaktif. ROS memiliki satu atau lebih electron yang tidak berpasangan. Kondisi ini menyebabkan ROS sangat reaktif dan dapat menimbulkan kerusakan pada molekul protein, DNA, lemak, membran sel, dan komponen sel

Antioksidan jenis *preventive antioxidant* antara lain: caeruloplasmin, mettalothionin, albumin, myoglobin, ferretin, dan transferrin. *Scavenging antioxidant* merupakan antioksidan yang bekerja dengan cara mencegah/menangkap ROS ketika terbentuk sehingga mencegah terjadinya reaksi berantai. Antioksidan jenis ini antara lain: *glutathione* (GSH), vitamin E, vitamin C, beta karoten, asam urat, dan bilirubin. *Enzyme-antioxidant* merupakan antioksidan yang bekerja dengan cara sebagai katalis oksidasi pada molekul-molekul lain. Antioksidan jenis ini antara lain SOD, *glutathione reduktase*, *glutathione peroksidase*, *katalase*, dan mettaloenzyme.

Sementara itu, mekanisme kerja antioksidan primer dalam hubungannya dengan radikal bebas adalah bereaksi dengan radikal lemak dan membentuk produk yang lebih stabil (Gordon, 2001). Antioksidan primer akan memutus rantai radikal bebas karena berfungsi sebagai akseptor radikal bebas dan mengganggu tahap propogasi.

2.7.5. Metode pengujian aktivitas antioksidan

Metode pengujian aktivitas yang tepat sangat penting karena dapat melihat sejauh mana komponen antioksidan pada produk tanaman dapat mengurangi bahkan menghambat kerusakan oksidatif. Beberapa metode analisis untuk

menentukan aktivitas antioksidan secara *In vitro* telah dikembangkan, antara lain: (1) metode untuk pengujian bahan umum seperti pengujian daya reduksi/*reducing power* atau *ferric reducing ability of plasma* (FRAP), metode ferri tiosianat, metode diena terkonjugasi, dan metode penangkapan radikal *1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl* (DPPH). (2) metode untuk pengujian bahan berlemak, seperti pengujian dengan sistem linoleat tiosianat, pengujian dengan asam tiobarbiturat atau *thiobarbituric acid reactive substance* (TBARS), pengujian dengan sistem β -karoten-linoleat. (3) metode untuk pengujian bahan yang mengandung senyawa mudah teroksidasi selain lemak, seperti metode DPPH dan pengujian dalam jaringan biologis (metode TBARS) (Chang *et al.*, 2000)

Menurut Klopotek *et al.* (2005) dan Gill *et al.* (2002), pengukuran kemampuan aktivitas antioksidan pada komponen flavonoid dengan metode DPPH dan FRAP lebih menggambarkan kemampuan yang sebenarnya, karena tidak terjadi Co-Pigmentasi, yaitu pembentukan ikatan kompleks dengan senyawa flavonoid yang lain. Selain itu kedua metode pengujian ini juga berbanding lurus dengan pengukuran kapasitas antioksidan secara *In vivo*. Pengujian penangkapan radikal bebas DPPH dilakukan dengan cara mengukur penangkapan radikal sintetik atau donor hidrogen dalam pelarut organik polar. Penggunaan DPPH untuk metode penangkapan radikal mempunyai keuntungan yaitu: sederhana, cepat, murah, mudah digunakan, mempunyai tingkat sensitivitas yang tinggi serta dapat menganalisis sejumlah besar sampel dalam waktu yang singkat (Kim *et al.*, 2002).

Pengujian antioksidan secara *In vivo* yang dilakukan dengan metode FRAP dalam mengetahui kapasitas total antioksidan dan malondialdehid (MDA) sebagai indikator peroksidasi lipid oleh ROS, yaitu radikal bebas yang berupa oksigen dan turunannya yang sangat reaktif. ROS memiliki satu atau lebih electron yang tidak berpasangan. Kondisi ini menyebabkan ROS dapat menimbulkan kerusakan pada molekul protein, DNA, lemak membran sel, dan komponen sel atau jaringan yang lain.

Analisis FRAP dapat memberikan hasil yang akurat dan reproduksibel untuk sampel yang mengandung antioksidan tunggal maupun dalam sampel campuran, misalnya plasma (Benzie dan Strain, 1996). Analisis ini menjadi relevan dengan Fe^{3+} sebagai *radical inducer* karena peningkatan glikasi dalam darah individu dengan hiperglikemia yang dapat mencapai 2x lipat (Nakhaee *et al.*, 2009). Prinsip pengujian FRAP yaitu berdasarkan pada reduksi senyawa kompleks *ferric tripyridyltriazine* (Fe(III)-EBPTZ) menjadi senyawa *ferroustripyridyltriazine* (Fe(II)-EBPTZ) oleh reduktan pada pH rendah. Kompleks senyawa Fe (II)-EBPTZ menghasilkan pewarnaan biru yang dapat ditera dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 593 nm (Benzie dan Strain, 1996; Antolovich *et al.*, 2012).

Sedangkan prinsip pengujian malondialdehid (MDA) adalah asam lemak tidak jenuh jamak (PUFA) dapat mengalami proses peroksidasi menjadi peroksida lipid yang kemudian mengalami dekomposisi menjadi MDA. MDA bila direaksikan dengan asam tiobarbiturat (*thiobarbiriuric acid*, TBA), akan membentuk senyawa berwarna merah yang menyerap cahaya pada panjang

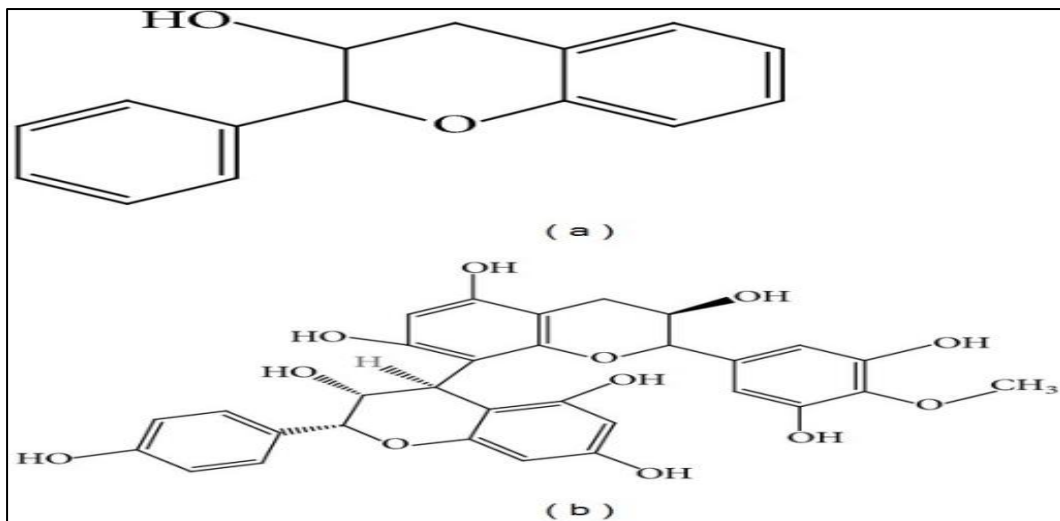
gelombang 535 nm (Soewoto *et al.*, 2001). Jumlah MDA yang terbentuk dapat menggambarkan proses peroksidasi lipid. Menurut Winarsi *et al.* (2012) bahwa pada pengujian kadar MDA darah berkorelasi sangat kuat dengan enzim antioksidan *Superoksida Dismutase*, *Katalase*, *Glutathione Peroksidase* sehingga dapat sebagai marker dari evaluasi kapasitas antioksidan di dalam tubuh. Semakin tinggi prooksidan di dalam tubuh maka semakin tinggi kadar MDA darah (Dagli *et al.*, 2004).

2.8. Polifenol

Senyawa fenolik berfungsi sebagai sumber antioksidan yang efektif, penangkap radikal bebas, dan pengelat ion-ion logam (Shahidi dan Wanasundara (1992). Aktivitas antioksidan dari senyawa fenolik berhubungan dengan struktur senyawa fenolik itu sendiri (Meskin *et al.*, 2002). Keberadaan grup hidroksil atau metoksi pada posisi orto atau para dari turunan asam benzoat, penilpropanoid atau flavonoid (isoflavon) diketahui dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dari senyawa fenolik (Meskin *et al.*, 2002). Sementara keberadaan dua grup hidroksil pada posisi orto atau para dapat menghasilkan struktur quinoid yang stabil, dan grup metoksi pada posisi orto atau para adalah elektron donor yang efektif dalam menstabilkan radikal bebas yang terbentuk, sehingga meningkatkan aktivitas dari senyawa fenolik. Polifenol memiliki kemampuan untuk berikatan dengan metabolit lain seperti protein, lemak, dan karbohidrat membentuk senyawa kompleks yang stabil sehingga menghambat mutagenesis dan karsinogenesis. Polifenol memiliki sifat antioksidatif dan antitumor (Mukhopadhiay, 2000). Menurut Bidlack dan Wang (2000), polifenol dapat digunakan sebagai pencegah

penyakit kardiovaskuler dan kanker. Senyawa polifenol kelompok asam fenolat pada bekatul telah diketahui dapat berfungsi sebagai antihiperkolesterol (Marsono *et al*, 1993; Topping *et al.*, 1993) Senyawa polifenol mudah mengalami kerusakan terutama karena oksidasi. Oksidasi dapat menyebabkan kerangka dasar molekul polifenol mengalami degradasi, selanjutnya gugus fungsional OH dan ikatan C=C berkurang dan dapat membentuk ikatan C=O. Degradasi kerangka dasar molekul polifenol menghasilkan dua molekul baru masing-masing mempunyai gugus asam karboksilat. Oksidasi polifenol dipengaruhi oleh suhu dan lama senyawa tersebut terpapar pada oksigen dari udara (Heywood, 1972)

Polifenol memiliki spektrum luas dengan sifat kelarutan pada suatu pelarut yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil pada senyawa tersebut yang berbeda jumlah dan posisinya. Dengan demikian, ekstraksi menggunakan berbagai pelarut akan menghasilkan komponen polifenol yang berbeda pula. Beberapa contoh senyawa polifenol yang sudah dikenal yaitu flavan-3-ol dan prosianidin (Gambar 2.5.)



Keterangan:

Monomer flavan-3-ol adalah struktur dasar dari polifenol kakao dimana R1 adalah H dan R2 adalah OH yang menggambarkan (+)-katekin, sedang apabila R1 adalah OH dan R2 adalah H maka menggambarkan (-)-epicatekin yang merupakan komponen penyusun proasianidin (Weisburger, 2005)

Gambar 2.5. Struktur kimia (a) flavan-3-ol monomer dan (b) proanthocyanidins

2.9. Radikal Bebas

Radikal bebas merupakan suatu senyawa atau molekul yang sangat reaktif karena memiliki satu elektron atau lebih yang tidak berpasangan pada orbital luarnya. Karakteristik radikal bebas tersebut menjadi penyebab radikal bebas wajib bereaksi dengan senyawa atau molekul lain supaya elektron yang tidak berpasangan tersebut memperoleh pasangannya. Radikal bebas dapat bereaksi dengan molekul-molekul seluler dan ekstraseluler seperti protein, asam lemak tidak jenuh ganda, glikoprotein, lipoprotein, dan bahan-bahan penyusun DNA seperti karbohidrat dan basa purin (Zitouni *et al.*, 2005).

Radikal bebas dapat menyebabkan *stress oksidatif*, yaitu suatu kondisi ketidakseimbangan antara *reactive oxygen species* (ROS) / *reactive nitrogen species* (RNS) dengan antioksidan selaku pencegah atau penghambatnya

(Halliwell & Gutteridge 1999). Beberapa jenis radikal bebas yang dapat menyebabkan *stress oksidatif*, seperti Hidroperoksil Radikal (HO_2^\bullet), Anion Superoksida Radikal ($\text{O}_2^{\bullet-}$), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), Hidroksil Radikal (OH^\bullet), dan Nitrit Oksida (NO^\bullet) (Auroma, D.I., 1994)

2.10. Lipid

2.10.1. Klasifikasi dan karakteristik

Lipid adalah sekelompok senyawa heterogen, meliputi lemak, minyak, steroid, malam (wax), dan senyawa-senyawa lain yang terkait. Lipid memiliki sifat tidak larut dalam air, tetapi dapat larut dalam pelarut nonpolar. Lipid dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu: 1) lipid yang berasal dari makanan dan tubuh, 2) lipid struktural atau kompleks yang diproduksi oleh tubuh untuk membentuk struktur membran, transport lemak, atau sintesis hormon lipid atau katalis. Lipid dalam tubuh terdapat dalam bentuk trigliserida, asam lemak, pospolipid, dan kolesterol (Burtis *et al.*, 1988). Proporsi lipida dalam plasma darah manusia dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Proporsi lipida dalam plasma darah manusia

Lipida	Mmol/L	
	Rata-rata	Range
Trigliserida	1,6	0,9-2,0
Total fosfolipida	3,1	1,8-5,8
Total kolesterol	5,2	2,8-8,3
Kolesterol bebas	1,4	0,7-2,7
Asam lemak bebas	0,4	0,2-0,6

Sumber : Mayes dalam Harper (1993)

Ket: dari total asam-asam lemak yang ada, 45% trigliserida, 35% fosfolipida, 15% ester dan kurang dari 5% asam-asam lemak bebas. Range dapat berlebih pada kondisi abnormal atau sakit.

a. Trigliserida

Struktur dasar dari trigliserida terdiri dari tiga (tri-) asam lemak dengan satu molekul gliserol (glycer-). Monogliserida atau digliserida adalah satu atau dua asam lemak yang berikatan pada molekul gliserol. Monogliserida atau digliserida ditemukan di usus halus dan dihasilkan dari hidrolisis trigliserida selama pencernaan. Setiap asam lemak pada gliserida dapat ditemukan dalam bentuk panjang (*long*), pendek (*short*), jenuh (*saturated*) dan tak jenuh (*unsaturated*). *Short chain fatty acid* tersusun dari 4 sampai 6 karbon, *medium chain fatty acid* tersusun dari 8 sampai 12 karbon dan *long chain fatty acid* tersusun lebih dari 12 karbon. *Medium chain fatty acid* dan *short chain fatty acid* merupakan jenis asam lemak yang mudah dicerna dan diserap, sementara *long chain fatty acid* bersifat sebaliknya. Sementara itu, sifat kejenuhan asam lemak tergantung dari jumlah atom hydrogen yang menempel pada atom karbon (Burtis *et al.*, 1988)

Sekitar 90% lemak yang ada dalam makanan berbentuk trigliserida, sementara yang lain berada dalam bentuk kolesterol dan pospolipid (Kreutler, 1980). Trigliserida dibentuk di hati yang berasal dari lipid yang kita makan atau berasal dari karbohidrat dan disimpan sebagai lemak di bawah kulit atau di organ-organ lainnya. Trigliserida adalah bentuk lemak yang paling efisien untuk menyimpan kalor yang penting untuk proses-proses yang membutuhkan energi dalam tubuh. Di samping digunakan sebagai sumber energi, trigliserida dapat dikonversi menjadi kolesterol, fosfolipid, dan bentuk lipid yang lain jika dibutuhkan. Sebagai jaringan lemak, trigliserida juga mempunyai fungsi fisik

yaitu sebagai bantalan tulang-tulang dan organ-organ vital, serta melindungi organ-organ dari guncangan (Sianipar, 2007)

Trigliserida diangkut terutama sebagai kilomikron dari usus menuju hati, kemudian mengalami metabolisme dan dalam jumlah besar sebagai VLDL diangkut dari hati menuju keseluruhan jaringan tubuh. Oleh karena itu, trigliserida yang tinggi cenderung disertai dengan VLDL dan LDL yang tinggi pula, sementara HDL justru rendah. Trigliserida sangat erat hubungannya dengan obesitas. Umumnya orang-orang gemuk mempunyai kadar gliserida yang tinggi dalam plasma. Trigliserida banyak disimpan dibalik lipatan kulit. Makin gemuk seseorang, makin banyak trigliserida yang terdapat dalam tubuhnya dan membuat kulit menjadi berlipat-lipat. Namun demikian, banyak orang gemuk mempunyai kadar trigliserida plasma yang normal-normal saja. Ini membuktikan bahwa pada obesitas, walaupun trigliserida banyak disimpan di bawah lipatan kulit, tetapi trigliserida dalam darah tidak selamanya tinggi pula. Simpanan trigliserida yang berlebihan itu sewaktu-waktu potensial sebagai bahan pembentukan VLDL dan LDL di hati (Sianipar, 2007).

b. Fosfolifid

Fosfolifid tersusun dari alkohol, asam lemak, pospor dan nitrogen. Secara komersial, fosfolifid dipakai sebagai bahan aditif untuk menstabilkan emulsi (Nasution *et al.*, 2004; Estiasih *et al.*, 2012). Fosfolipid sebagian besar terdapat pada kuning telur dan kacang hijau dan sebagian besar makanan lainnya. Lechitin merupakan contoh dari fosfolifid utama (Kreutler, 1980). Pada umumnya fosfolipid terdapat dalam sel tumbuhan, hewan, dan manusia. Pada manusia atau

hewan fosfolipid terdapat dalam telur, otak, hati, ginjal, pankreas, paru-paru dan jantung (Kreutler, 1980).

c. Kolesterol

Kolesterol adalah bentuk lemak yang berikatan dengan lipid dengan struktur cincin yang kompleks yang disebut sterol. Kolesterol adalah substansi tubuh alami yang berasal dari proses-proses vital. Sebagian besar kolesterol manusia berasal dari sintesis dalam tubuh. Hati dan intestine dapat mensintesis semua kolesterol yang diperlukan oleh tubuh tanpa asupan, sementara dari diet dapat diperoleh kolesterol sejumlah 479 mg/hari (Burtis *et al.*, 1988). Kolesterol hanya terdapat pada pangan hewani seperti kuning telur, lemak susu, dan daging. Hati, otak, dan kuning telur merupakan jenis makanan yang mengandung kolesterol tinggi (Kreutler, 1980).

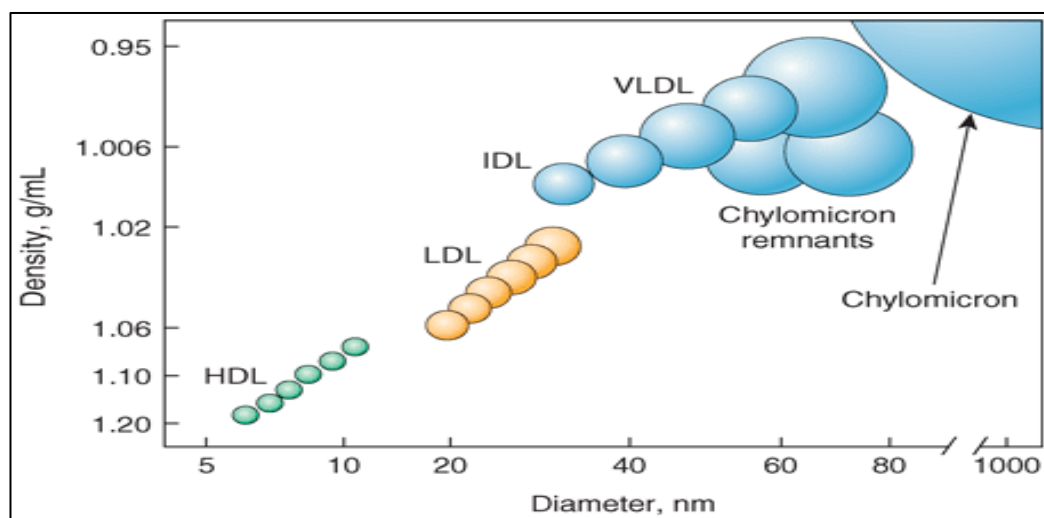
Sintesis kolesterol utama terjadi di hati dengan Asetil CoA sebagai kerangka dasarnya. Kolesterol tubuh berasal dari dua sumber, yaitu kolesterol eksogen berasal dari makanan dan kolesterol endogen yang diproduksi oleh tubuh sendiri. Jika kolesterol eksogen sedikit, maka sintesis kolesterol di dalam hati dan usus akan meningkat. Demikian juga sebaliknya, jika jumlah kolesterol eksogen meningkat maka sintesis kolesterol dalam hati dan usus akan menurun (Linder, 1992)

Upaya penurunan kadar kolesterol dalam tubuh dapat dilakukan dengan cara menurunkan kadar kolesterol darah. Penurunan kolesterol darah dapat dilakukan dengan cara menurunkan konsumsi, pencernaan, penyerapan (gastrointestinal), sintesis endogen, serta meningkat pengeluaran empedu dan

ekskreta. Jalur utama pembuangan kolesterol tubuh terjadi di hati melalui konversinya menjadi asam empedu, yaitu asam kholat dan *chenodeoxy cholic* yang berkaitan dengan glisin atau taurin membentuk garam empedu, kemudian diekskresikan oleh empedu ke dalam duodenum. Sebagian asam empedu akan direabsorpsi oleh hati melalui sirkulasi dan selanjutnya disekresikan kembali ke dalam empedu. Asam empedu yang tidak diserap akan didegradasi oleh mikroba usus besar dan diekskresikan ke dalam feses (Linder, 1992).

2.10.2. Transport lipid

Lipid dibawa dalam plasma darah dalam bentuk lipoprotein. Karena plasma darah adalah media cair, maka lipid tidak dapat diangkut tanpa adanya substansi yang dapat memediasi. Dalam hal ini, protein dapat berperan sebagai mediator yang mengkombinasi dengan lipid khususnya untuk transport lipid (Kreutler, 1980). Lipoprotein umumnya diklasifikasikan berdasarkan densitas hidrasi (Gambar 2.6).



Gambar 2.6. Ukuran relatif plasma lipoprotein berdasarkan densitasnya (Janakiraman *et al.*, 2015)

Ada lima klas densitas lipoprotein dapat diisolasi dari plasma darah individu, yaitu kilomikron, VLDL, *Intermedit Density Lipoprotein* (IDL), LDL dan HDL. Masing-masing terdiri dari proporsi protein, posfolipid, kolesterol, dan trigliserida

Kilomikron merupakan partikel lipoprotein yang paling besar ditemukan dalam plasma darah manusia, dengan variasi ukuran 0,1 sampai 1 μm . Puncak produksi kilomikron terjadi antara 3 dan 7 jam setelah mengkonsumsi makanan berlemak. Laju pemindahan kilomikron dari plasma tergolong cepat, dan secara normal kilomikron sudah tidak dapat terdeteksi lagi di dalam plasma setelah 12 jam puasa (Padley and Podmore, 1985). Kilomikron berfungsi untuk pengangkutan lemak makan, terutama dalam bentuk trigliserida ke dalam tubuh. Lemak lain yang diangkut dalam kilomikron adalah kolesterol yang diubah menjadi ester kolestril sebelum bergabung ke dalam kilomikron (Montgomery, 1983)

Secara struktur dan komposisi, VLDL mempunyai kemiripan dengan kilomikron, tetapi mempunyai ukuran lebih kecil, lebih padat dan berbeda pada komponen trigliserid yang diangkut. VLDL terutama disintesis dalam hati dan dipengaruhi oleh kenaikan asam lemak bebas atau tingkat sintesis endogen asam lemak (Padley and Podmore, 1985). VLDL bertugas mengangkut trigliserida dari hati ke jaringan-jaringan lain, terutama jaringan adiposit (Montgomery *et al.*, 1983)

IDL merupakan produk degradasi parsial dari VLDL dan merupakan precursor intermediet LDL (Padley and Podmore, 1985). IDL terbentuk dalam

plasma selama terjadi perubahan VLDL menjadi LDL. IDL mengandung sejumlah trigliserida dan kolesterol yang merupakan senyawa antara VLDL dan LDL. Biasanya, perubahan VLDL menjadi LDL berlangsung sedemikian efisien sehingga tidak terjadi penimbunan IDL dalam jumlah besar dalam plasma darah setelah kondisi puasa satu malam (Montgomery *et al.*, 1983).

LDL merupakan pembawa utama kolesterol. LDL mempunyai trigliserid lebih sedikit daripada VLDL dan mempunyai satu apoprotein yang disebut apoB. Pelepasan kolesterol bebas dikendalikan oleh tingkat sintesis kolesterol dengan jalan menekan pembentukan HMG-CoA *reduktase* (Padley and Podmore, 1985)

HDL dapat dibagi menjadi HDL2 dan HDL3. HDL2 lebih besar dari HDL3. HDL2 mempunyai kandungan protein lebih sedikit dari HDL3. Sebagian besar sel tubuh tidak mempunyai sistem untuk memecah kolesterol sehingga harus dikembalikan ke hati. HDL merupakan angkutan utama untuk mentransfer kolesterol dari jaringan ke hati. Selanjutnya, kolesterol yang diangkut ke hati akan dikonversi menjadi asam empedu (Linder, 1992).

2.11. Dislipidemia

Hiperkolesterolemia merupakan suatu kondisi dimana kolesterol dalam darah meningkat melebihi ambang normal yang ditandai dengan meningkatnya kadar LDL, trigliserida, dan kolesterol total. Adapun keadaan hiperkolesterolemia terjadi bila konsentrasi kolesterol total ≥ 240 mg/dl, LDL ≥ 160 mg/dl, dan trigliserida ≥ 150 mg/dl (Setyaji, 2011). Hiperkolesterolemia dan hipergliserida merupakan salah satu indikator terjadinya dislipidemia

Kadar kolesterol yang tinggi dapat meningkatkan resiko terjadinya arterosklerosis dan penyakit arteri koroner atau penyakit arteri karotis pada seseorang. Kadar kolesterol total mendekati 300 mg/dl dapat menyebabkan resiko terjadinya serangan jantung lebih dari 2 kali (Anonim, 2009)

Berbeda dengan kolesterol LDL yang dapat meningkatkan penyakit jantung, kolesterol HDL justru menurunkan resiko penyakit jantung. Seyogyanya kadar kolesterol LDL tidak boleh lebih dari 130 mg/dL dan kadar kolesterol HDL tidak boleh kurang dari 40 mg/dL. Kadar HDL harus lebih dari 25% dari kadar kolesterol total. Perbandingan kolesterol total dengan kolesterol HDL atau perbandingan kolesterol LDL dengan kolesterol HDL sangat penting terkait dengan resiko penyakit jantung (Anonim, 2009).

Penyakit kardiovaskular aterosklerosis disebabkan oleh banyak faktor, namun hiperlipidemia merupakan faktor resiko utama. Tingginya konsumsi lemak jenuh dan kolesterol menyebabkan peningkatan kadar kolesterol dan lipoprotein densitas rendah LDL sehingga meningkatkan aterogenesis. Dengan demikian upaya penurunan kadar kolesterol berarti juga pencegahan terhadap penyakit jantung koroner (Wijaya, 1998).

LDL kolesterol teroksidasi yang merupakan peroduk peroksidasi lipid merupakan salah satu penyumbang peran dalam proses aterogenesis. Pada penelitian secara *in vivo* LDL dapat dioksidasi oleh sel-sel seperti sel endotelial, monosit, limfosit, makrofag, dan sel lainnya yang mensekresikan ROS yang dapat menimbulkan kerusakan oksidatif atau dapat memicu berbagai penyakit

degeneratif seperti atherosklerosis (Halliwell dan Gutteridge, 1999 dalam Marsono, 2005).

Selain profil lipid, MDA dalam plasma darah sering dijadikan sebagai penanda untuk mengetahui kenaikan stress oksidatif secara *in vivo*. Semakin tinggi nilai MDA menandakan semakin tinggi pula peroksidasi lipid (Jeyabalan dan Caritis, 2006)

2.12. Mekanisme Penurunan Kolesterol oleh Serat Pangan

Serat pangan memiliki efek fisiologis terhadap kesehatan sehingga berperan dalam pencegahan berbagai macam penyakit. Salah satu peran DF pada kesehatan adalah kemampuannya menurunkan kolesterol darah. Beberapa jenis DF terbukti dapat membantu mengurangi kadar kolesterol sehingga dapat memperbaiki profil lipid terutama pada kondisi hiperkolesterolemia (Ma and Mu, 2015)

Mekanisme DF sebagai hipokolesterolemik yang telah dilaporkan sebagai berikut, memperlambat laju pengosongan lambung, modifikasi penyerapan dan metabolisme asam empedu, menghambat penyerapan dan metabolisme lipid, produksi SCFA dari fermentasi DF dalam usus besar, *up-regulasi* reseptor LDL di hati dan perubahan dalam konsentrasi plasma (Adam *et al.*, 2001). Sejalan dengan pendapat tersebut, Marsono (2004) menyatakan ada lima mekanisme untuk menjelaskan mengapa DF dapat menurunkan kolesterol, yaitu (1) DF dapat meningkatkan ekskresi empedu, (2) DF dapat menghambat absorpsi kolesterol, (3) serat pangan dapat menurunkan availabilitas kolesterol karena kemampuannya untuk mengikat senyawa organik, (4) DF dapat mengalami fermentasi dan

menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA) yang dapat mencegah sintesis kolesterol, dan (5) DF dapat menurunkan densitas energi makanan sehingga mengurangi sintesis kolesterol.

2.13. Efek Serat Pangan dan antioksidan terhadap Tingkat Konsumsi Makanan dan Berat Badan

Serat pangan mempunyai sifat viskus yang dapat memperlambat waktu pengosongan lambung. Efek perlindungan dari DF dikaitkan dengan rasa kenyang yang lebih lama karena peningkatan pengunyahan, perpindahan kalori, dan penurunan penyerapan makronutrien. Mekanisme ini diyakini sebagai kemampuan SDF sebagai pembentuk *solution* kental yang dapat memperpanjang pengosongan lambung. Akibat dari mekanisme ini, maka DF dapat menghambat transportasi glukosa, trigliserida, dan kolesterol di seluruh usus halus. Bentuk DF yang viskus atau kental mengurangi kontak antara isi luminal dengan pankreas lipase dan empedu dengan cara membentuk agregat serat lipid yang menghalangi emulsifikasi lemak dan pembentukan misel. Peningkatan viskositas isi luminal juga mengentalkan lapisan air yang tidak teraduk, sehingga mengurangi difusi dan penyerapan kolesterol dan glukosa dari lumen usus. Jenis DF tertentu dapat mengikat asam empedu dan komponen misel, seperti monogliserida, asam lemak bebas dan kolesterol, yang mengurangi penyerapan dan meningkatkan ekskresi fekal (Kaczmarczyk, 2012) Makanan tinggi DF dapat meningkatkan *satiation* dan *satiety* karena sifatnya yang dapat menimbulkan efek *bulky*. Selain itu, makanan tinggi DF dapat meningkatkan *satiation* dan *satiety* karena sifatnya mempunyai densitas energi yang relatif rendah sehingga mengurangi pemasukan

energi. Sebagian besar SDF mengakibatkan viskositas intestinal menjadi tinggi dikarenakan sifat DF yang dapat membentuk seperti gel yang pada akhirnya berpengaruh pada penundaan pengosongan lambung dan atau absorpsi intestinal.

Pada penelitian ini, pemberian DF dan AO yang berasal dari tepung EBP didesain dengan sedikit memodifikasi pakan standard AIN 93M, yaitu hanya mengganti jenis serat pakan standar dengan serat tepung EBP dan FBE dengan jumlah (gram) yang sama dengan jumlah serat pakan standar (ISO serat). Dengan hanya sedikit modifikasi pakan standar diharapkan tidak mengurangi nafsu makan hewan coba sehingga pertumbuhannya tidak terganggu. Di samping itu, antioksidan yang dikandung oleh EBP juga diharapkan tidak memberikan efek negatif terkait dengan kenaikan berat badan dan rasa pada pakan (Marsono *et al.*, 2005)

2.14. Modifikasi Penyerapan dan Metabolisme Asam Empedu oleh Serat

Pada hewan dan manusia, DF mengikat asam empedu, mengurangi reabsorpsi pada ileum, dan menurunkan hiperlipidemia (Trowell, 1972). Asam empedu adalah steroid asam yang disintesis di hati dari bahan kolesterol. Setelah berkonjugasi dengan glisin atau taurin, asam empedu disekresikan ke duodenum. Asam empedu secara aktif diserap oleh ileum dan beredar dalam sirkulasi enterohepatik. Pengikatan dan peningkatan ekskresi fekal asam empedu telah digunakan sebagai hipotesis mekanisme diet DF dalam menurunkan kadar kolesterol. Pada saat konsumsi DF tinggi, maka banyak empedu yang akan terperangkap di dalam DF menyebabkan jumlah empedu yang diresirkulasi semakin menurun. Hal ini akan merangsang kolesterol plasma dan hati untuk

dikonversi menjadi asam empedu tambahan. Kolesterol yang digunakan untuk sintesis asam empedu menyebabkan jumlah kolesterol dalam hati turun (Kahlon and Smith, 2007). Penurunan kolesterol oleh DF juga berkaitan dengan sifat viscous DF. Viskositas DF yang tinggi menyebabkan penurunan kadar kolesterol, disertai peningkatan ekskresi asam empedu, dan sterol netral. Serat pangan dengan viskositas yang tinggi akan bercampur dengan misel-misel dan atau asam empedu. Laju difusi misel-misel yang mengandung kolesterol dalam bentuk bolus menurun, sehingga menyebabkan penyerapan kolesterol dan asam empedu turut menurun juga (Hernawati, 2009).

2.15. Penghambatan Penyerapan dan Metabolisme Lipid oleh Serat

Pengeluaran makanan dari lambung oleh air dan fase cairan berlangsung dengan kecepatan berbeda. Hal tersebut berarti bahwa terdapat stratifikasi aliran makanan, sehingga bahan-bahan yang larut dalam air terpisah dari bahan-bahan yang tidak larut dalam air. Serat dapat mengembang dengan berbagai cara tergantung pada pertautan silang (*cross linkage*) serta jumlah dan bentuk fisik dari pati yang ada. Oleh karena itu, komponen yang larut seperti glukosa atau alkohol, akan diencerkan dalam air yang terikat dalam celah-celah serat atau terikat secara kimia dan fisik di dalam struktur gel. Akibatnya, serat mempengaruhi kecepatan difusi pada permukaan serap mukosa (*absorptive mucosal surface*) dan mengubah penyerapan glukosa, obat-obatan dan kolesterol. Sifat viscous serat dapat mengurangi waktu transit di usus halus, sehingga penyerapan nutrisi termasuk kolesterol tidak maksimal. Sifat viscous serat menyebabkan sulitnya kontak antara

dinding usus halus dengan bahan sehingga penyerapan nutrisi tidak maksimal (Hernawati, 2009).

Serat larut menurunkan penyerapan kolesterol membentuk matriks kental dengan kolesterol dalam lumen usus. Adanya mekanisme tersebut menyebabkan penyerapan kolesterol terhambat dan lebih banyak kolesterol yang dieliminasi melalui ileum ke dalam usus besar sehingga mengurangi penyerapan kolesterol ke dalam tubuh (Jones, 2008). Hal serupa berkaitan dengan penurunan total kolesterol tubuh adalah adanya penurunan kadar kolesterol dalam hati. Regulasi gen yang memodulasi efek hipokolesterolemik dari SDF dievaluasi dengan mempelajari ekspresi reseptor kolesterol responsif dalam hati. Hal tersebut diujikan melalui pemberian 10% guar gum pada babi. Percobaan tersebut menunjukkan adanya peningkatan ekspresi dari bentuk aktif sterol regulatory element binding protein 2 sehingga menyebabkan peningkatan reseptor LDL. Peningkatan reseptor LDL menyebabkan LDL direkrut dari sirkulasi sehingga tingkat LDL berkurang. Pada percobaan menggunakan babi ini, pemberian diet yang mengandung 10% guar gum sebagai sumber SDF berhasil mengurangi kolesterol total plasma dan LDL masing-masing sebesar 27% dan 37%, dibandingkan dengan kelompok diet kontrol. Guar gum dan suplemen SDF yang sejenis dapat bertindak baik di usus dan hati untuk mengurangi penyerapan kolesterol usus dan meningkatkan kehilangan kolesterol ke seluruh tubuh (Jones, 2008).

2.16. Produksi SCFA dari Fermentasi Serat Pangan

Hubungan DF dan SCFA dalam menurunkan kadar kolesterol dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme sebagai berikut. Propionat yang merupakan salah satu bagian dari SCFA hasil fermentasi SDF dapat menghambat sintesis kolesterol (Marsono, 2004). Propionat merupakan SCFA yang dapat membantu menurunkan kadar kolesterol plasma dan hepatic (Cheng and Lai, 2000). Propionat akan menurunkan ekspresi HMG-CoA *reduktase* yang dapat menghambat laju sintesis kolesterol pada liver (Chen *et al.*, 2011).

Pada manusia, SCFA sebagian besar berasal dari fermentasi karbohidrat dan protein di usus besar. Melalui proses ini, manusia dapat memperoleh energi dari makanan yang tidak dapat diproses secara normal di bagian atas saluran pencernaan (Layden *et al.*, 2013). Makanan yang masuk kedalam tubuh dicerna pertama kali dibagian mulut, dipecah dengan proses penggilingan dan mastikasi. Pencernaan dilanjutkan dengan membasahi dan maserasi komponen makanan yang telah dihaluskan di dalam perut (lambung). Selanjutnya, di usus halus pencernaan berlangsung dengan melibatkan enzim intrinsik dan absorpsi nutrisi (Topping dan Clifton, 2001).

Untuk monogastrik, sebagian besar nutrisi yang tersedia terdegradasi dan diserap dalam usus kecil. Pada awal duodenum, bolus yang masuk tersusun dari air dan bahan makanan yang telah terdegradasi sebagian. Setelah di usus kecil, bahan makanan dicerna secara mekanik dan kimia sehingga menghasilkan nutrisi untuk organisme. Hidrolisis secara enzimatik merupakan reaksi kimia yang paling penting dalam proses pencernaan dan berlangsung dalam larutan berair.

Kecukupan air diperlukan untuk proses pencernaan yang efisien meskipun rasio antara air dan nutrisi tidak diketahui secara tepat (Taghipoor *et al.*, 2014).

Komponen makanan dan sekresi endogen yang tidak terserap seperti DF, akan melewati katup usus halus dan terfermentasi di usus besar. Karena DF lolos dalam pencernaan enzimatik di usus halus sehingga proses digesti DF terjadi di usus besar atau kolon melalui proses fermentasi. Bakteri yang terdapat di usus besar memecah DF dan karbohidrat tak tercerna lainnya, serta menghasilkan asam dan gas. Lebih dari setengah DF yang dikonsumsi biasanya terdegradasi dalam usus besar, sedangkan sisanya diekskresikan dalam tinja (Topping dan Clifton, 2001)

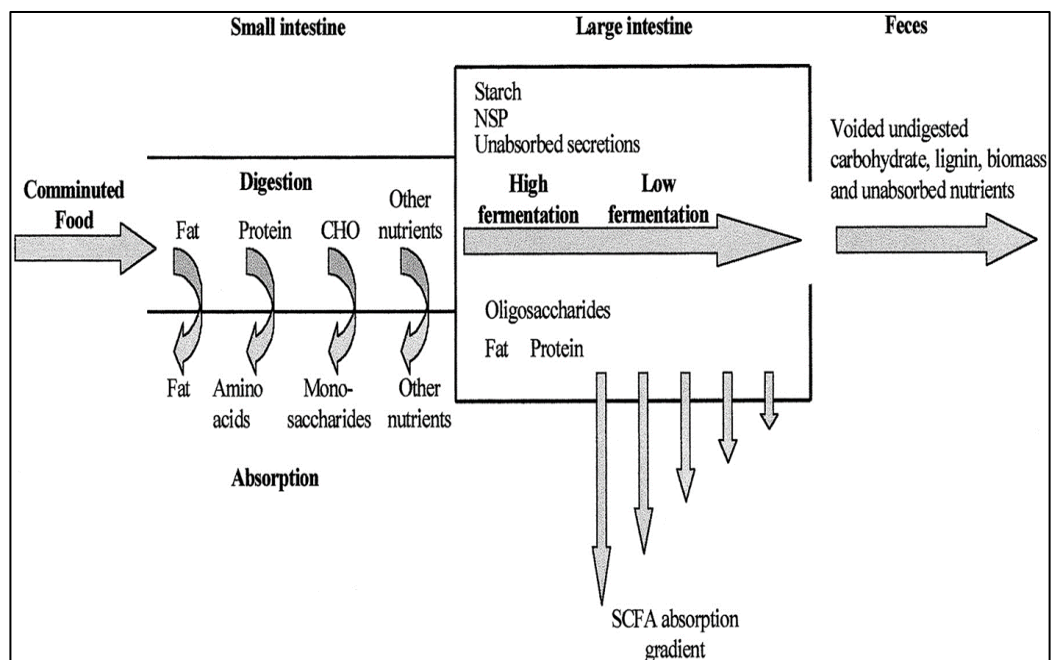
Fermentasi secara optimal terjadi pada bagian proksimal usus besar dan menghasilkan SCFA. Absorpsi SCFA dan air serta mineral (termasuk kalsium) dalam jumlah yang tinggi terjadi pada bagian proksimal. Setelah melewati proksimal, laju fermentasi mulai mengalami penurunan sehingga produksi SCFA juga terus menurun hingga pada bagian distal kolon dan rektum. Pada bagian distal kolon dan rektum inilah biasanya merupakan tempat terjangkitnya sebagian besar penyakit (Topping and Clifton, 2001).

Efek utama DF adalah untuk mengatur degradasi makanan di usus dan penyerapan nutrisi serta transit sepanjang saluran pencernaan. Sifat fisis DF yang meliputi viskositas, hidrasi, fermentabilitas (terjadi dominan di usus besar), penyerapan atau pengikatan nutrisi dan *bulky*, mempengaruhi fungsi dari saluran pencernaan (Taghipoor *et al.*, 2014). Hubungan antara transit makanan pada

saluran pencernaan manusia dan pencernaan di dalam usus halus serta fermentasi di sekum dan kolon dapat dilihat pada Gambar 2.7.

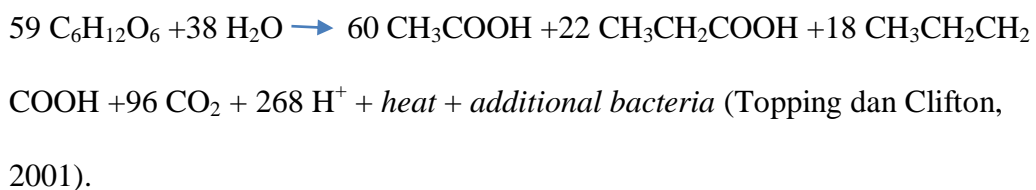
Hasil akhir dari produk fermentasi di usus besar adalah SCFA, terutama asetat, propionat, dan butirat. Asam lemak adalah asam karboksilat yang mempunyai ekor alifatik dengan panjang yang berbeda-beda, sedangkan SCFA adalah asam karboksilat dengan panjang ekor alifatik kurang dari 6 karbon (Layden *et al.*, 2013).

Serat pangan mencapai usus besar dan difermentasi sebagian atau seluruhnya oleh mikoflora kolon. Secara dasar, reaksi fermentasi pada usus manusia mirip dengan reaksi fermentasi pada herbivora obligat.



Gambar 2.7. Hubungan antara transit makanan pada sistem pencernaan di dalam usus halus serta fermentasi di sekum dan kolon (Topping and Clifton, 2001)

Fermentasi meliputi proses hidrolisis polisakarida, oligosakarida dan disakarida menjadi unsur-unsur gula dan berpengaruh terhadap kenaikan jumlah biomassa. Pada manusia dewasa, produk utama fermentasi pada usus besar adalah SCFA, disertai produksi gas (CO₂, CH₄, dan H₂) dan panas. Reaksi produksi dan stoikiometri SCFA untuk sebuah heksosa dapat dijabarkan sebagai berikut:



SCFA secara relatif adalah asam lemah dengan nilai pKa 4,8. Konsentrasi SCFA semakin tinggi selama fermentasi sehingga menurunkan pH digesta. Nilai pH yang rendah pada digesta dapat mencegah pertumbuhan berlebih dari bakteri patogen. Propionat telah terbukti dapat membunuh bakteri E.Coli atau Salmonella pada kondisi keasaman tinggi (pH 5). Sebuah penelitian pada babi juga mendukung temuan tersebut, dengan menyebutkan bahwa produksi SCFA yang lebih besar berkorelasi dengan penurunan jumlah patogen potensial seperti salmonella (Topping dan Clifton, 2001)

Efek propionat terhadap penurunan kadar kolesterol sudah diketahui melalui beberapa penelitian secara *in vivo*. Selain itu, pengaruh butirat juga ditemukan pada lemak dan homeostasis kolesterol, namun bagaimana mekanismenya belum diketahui sepenuhnya. Suplementasi butirat pada tikus diet tinggi lemak menghasilkan penurunan level kolesterol dan trigliserida, namun efek ini mungkin merupakan efek sekunder dari manfaat butirat lainnya yaitu peningkatan sensitivitas insulin dan mengurangi adipositas. Dalam beberapa

penelitian diketahui bahwa asetat dapat menurunkan kadar asam lemak bebas, sementara propionat mungkin menurunkan kadar kolesterol total, meskipun peran dari propionat dan butirat tidak dapat didefinisikan secara jelas seperti pada mekanisme asetat (Layden *et al.*, 2013)

Faktor-faktor lain yang mempengaruhi fermentasi dalam usus adalah motilitas pencernaan dan perbedaan mikroflora tiap individu. Populasi bakteri di sekum dan kolon manusia terdapat dalam jumlah besar, yaitu antara 10^{10} sampai 10^{11} cfu/g, ditambah jumlah massa bakteri digesta yang diperkirakan antara 25 sampai 750 g, sehingga total populasi bakteri mencapai 10^{13} cfu/g. Jumlah yang sama juga diperkirakan terdapat pada omnivora yang lain, misalnya babi. Bagian padat tinja tersusun atas 40-55% bakteri. Setiap hari, manusia yang hidup dengan diet western mengeluarkan 15 gram biomassa bakteri yang dikeluarkan melalui feses. Lebih dari 50 genere dan 400 spesies bakteri telah berhasil diidentifikasi pada feses manusia. Organisme yang dominan tumbuh dalam usus besar adalah organisme *anaerob* termasuk bacteroides, bifidobacteria, eubacteria, streptococcus dan lactobacilli. Organisme lain yang juga ditemukan namun dalam jumlah yang sedikit adalah enterobacteria. Umumnya, bacteroides (termasuk yang dapat mendegradasi berbagai polisakarida) merupakan organisme yang paling banyak mendominasi dengan jumlah lebih dari 30% dari total populasi. Keberadaan mikroflora dalam usus dan SCFA saling berhubungan dan ketergantungan. Produksi SCFA dalam saluran cerna membutuhkan mikroba yang menghasilkan enzim untuk fermentasi bahan-bahan yang tidak dapat dicerna oleh pencernaan manusia seperti DF, sehingga jumlah mikroflora juga dapat mempengaruhi

produksi SCFA. SCFA yang diserap digunakan untuk pemeliharaan, pertumbuhan, dan aktivitas lipogenesis mikroflora (Topping dan Clifton, 2001).

Keberadaan mikroflora dalam usus dapat mempengaruhi efek DF sebagai bahan pencakar atau laksatif. Serat pangan yang dapat difermentasi sempurna dalam kolon seperti pektin, guar gum dan beta-glukan tidak berkontribusi terhadap kekambaan feses tetapi meningkatkan jumlah koloni mikroflora kolon. Meningkatnya jumlah koloni mikroflora kolon akan meningkatkan massa feses yang juga menghasilkan efek pencakar (Tensiska, 2008).

2.17. Up-regulasi Reseptor LDL di Hati oleh Serat Pangan

Beberapa SDF mampu mengikat asam empedu atau kolesterol selama pembentukan intraluminal dari misel. Turunnya kandungan kolesterol dari sel-sel hati mengarah pada peningkatan reseptor LDL sehingga kehilangan kolesterol LDL semakin tinggi (Brown *et al.*, 1999). Penelitian menggunakan babi guinea menunjukkan bahwa pektin, guar gum dan phsylium mampu menurunkan konsentrasi kolesterol hepatik, mengakibatkan beberapa efek pada homeostasis kolesterol hepatik termasuk peningkatan jumlah reseptor LDL hati, peningkatan respon HMGCoA *reduktase* dan penurunan jumlah komponen acyl CoA *acytransferase* (ACAT). Tingkat penurunan kolesterol hati dipengaruhi oleh jenis DF, oleh karena itu, deplesi konsenterasi kolesterol hepatik dihasilkan dari mekanisme primer yang berbeda setiap jenis DF yang diuji dan berkaitan erat juga dengan jumlah diet kolesterol. Mekanisme SDF dalam usus kecil akan memainkan peran utama dalam mengatur seluruh kolesterol diet tubuh karena usus halus bertanggungjawab terhadap absorpsi DF, kolesterol, empedu, dan

untuk reabsorpsi asam empedu. Selanjutnya, karena penyerapan kolesterol melalui usus kecil adalah fungsi linear dengan konsentrasinya dalam lumen, diharapkan hewan yang diberi diet tinggi kolesterol akan mengalami peningkatan transpor kolesterol ke hati melalui chylomicron remnant. Oleh karena itu, tidak mengherankan bahwa efek DF di saluran gastrointestinal akan dipengaruhi oleh jumlah kolesterol dalam makanan (Brown *et al.*, 1999).

2.18. Mekanisme Penurunan Kolesterol oleh Senyawa Polifenol

Senyawa antioksidan seperti halnya senyawa polifenol diketahui dapat menurunkan kolesterol. Marsono *et al.*, (2005) menyatakan bahwa konsumsi antioksidan kacang merah dapat menurunkan LDL dan trigliserida tetapi menaikkan HDL kolesterol. Konsumsi kacang merah pratanak juga berpengaruh terhadap SOD serum dan produk oksidasi MDA serum pada tikus Sprague Dawley pada kondisi diabetes hiperkolesterolemia (Ridha, 2009). Beberapa senyawa antioksidan yang diketahui mampu menurunkan kolesterol yaitu polifenol, antosianin, dan isoflavon (Ghiseli dkk., 1998; Kirk *et al.*, 1998; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014). Senyawa fenolik baik yang memiliki berat molekul rendah maupun tinggi menunjukkan kemampuan sebagai antioksidan melawan oksidasi lipid. Senyawa fenolik yang memiliki banyak gugus hidroksil sangat efektif mencegah oksidasi lipid. Secara umum kekuatan senyawa fenolik sebagai antioksidan tergantung dari beberapa faktor seperti ikatan gugus hidroksil pada cincin aromatik, posisi ikatan, posisi hidroksil bolak balik pada cincin aromatik dan kemampuannya dalam memberi donor hidrogen atau elektron serta

kemampuannya dalam merantas radikal bebas (*free radical scavengers*) (Cai *et al.*, 2003)

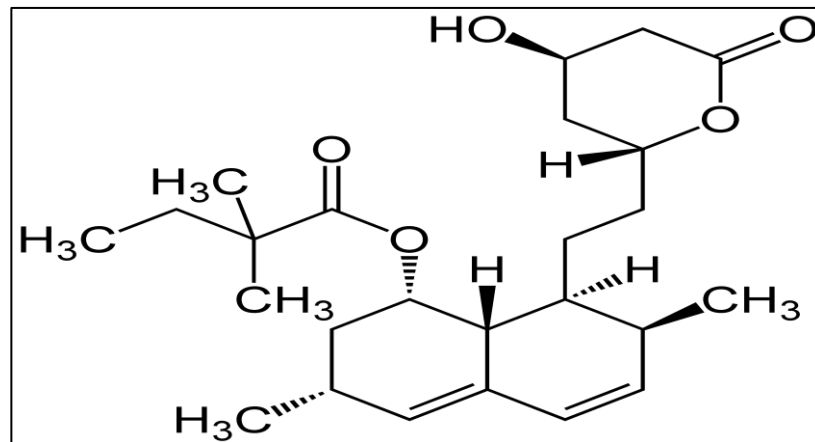
Terkait peran senyawa antosianin dalam menurunkan kolesterol, Hwang *et al.* (2011) melaporkan tentang kemampuan antosianin ubi jalar ungu dalam penurunan akumulasi trigeliserida pada liver tikus obesitas. Di samping itu, antosianin ubi jalar ungu juga dilaporkan dapat menghambat oksidasi LDL pada tikus yang diberi diet kaya lemak dan kolesterol (Miyazaki *et al.*, 2008). Lebih lanjut Yi *et al.* (2010) menyatakan bahwa penghambatan LDL diakibatkan kemampuan antosianin dalam menghambat radikal bebas dan kemampuan ini dipengaruhi oleh jumlah total gugus –OH pada B-ring antosianin.

Sementara itu, Soy isoflavon diketahui dapat menurunkan kolesterol dengan cara meningkatkan aktivitas reseptor LDL (Kirk *et al.*, 1998). Isoflavone berinteraksi dengan reseptor estrogenik yang menyebabkan sintesis estrogen meningkat. Kondisi ini membutuhkan kolesterol dalam jumlah yang besar sehingga persediaan kolesterol menjadi berkurang atau kolesterol menjadi turun. Terkait penurunan kolesterol oleh senyawa antioksidan seperti halnya polifenol, beberapa mekanisme yang dapat digunakan untuk menjelaskan penurunan kolesterol, sebagai berikut. (1) senyawa polifenol dapat menghambat/mencegah oksidasi PUPA (*polyunsaturated fatty acid*) sehingga terhindar dari kerusakan (Norum, 1992; Rachmawanti, 2006). (2) Senyawa polifenol dapat meningkatkan aktifitas sel alpha PPAR *receptor* seperti LDL reseptor (Kirk *et al.*, 1998). (3) Senyawa polifenol dapat menurunkan aktifitas *HMG COA reduktase*

2.19. Simvastatin dan Kolestiramin

Statin (HMG-CoA *Inhibitor*) merupakan golongan obat yang digunakan untuk menurunkan kadar kolesterol plasma serta terapi untuk mencegah jantung koroner (Sewester *et al.*, 2004). Saat ini terdapat 6 golongan statin yang beredar di pasaran, seperti lovastatin, pravastatin, simvastatin, fluvastatin, atorvastatin dan rosuvastatin. Di Indonesia, sekitar 82,3 % pasien dengan penyakit hiperkolesterolemia masih menggunakan monoterapi statin sebagai pilihan utama terapi dan monoterapi statin yang paling sering digunakan yaitu simvastatin sebesar 42,8% diikuti rosuvastatin (27,9%) dan atorvastatin (19,2%) (Munawar *et al.*, 2013) Simvastatin (20-80 mg) yang merupakan kelas terapi HMG COA *reduktase* (Statin) menunjukkan efek terhadap lipid/lipoprotein seperti penurunan LDL 18-55%, penurunan TG 7-30%, dan kenaikan HDL 5-15% (Grundy *et al.*, 2004). Statin telah lama digunakan dalam penanganan hiperlipiemia, terutama dalam menurunkan kadar kolesterol LDL. Statin menghambat HMG-CoA *reduktase* secara reversibel yang mengkatalisis konversi HMG-CoA *reduktase* menjadi mevalonat. Melalui penghambatan terhadap enzim tersebut statin mengurangi kadar kolesterol intraseluler dan mempercepat *clearance* LDL dari plasma (Blum, 1994).

Berdasarkan struktur kimianya, lovastatin, pravastatin, dan simvastatin memiliki cincin hidronaftalena yang dapat berinteraksi dengan *site of action* koenzim-A pada HMG-CoA *reduktase*. Selain itu juga terdapat rantai samping asam hidroksi yang meniru gugus mevalonat. Berikut merupakan struktur senyawa simvastatin (Blum, 1994) (Gambar 2.8).



Gambar 2.8. Struktur kimiawi simvastatin (Blum, 1994)

Salah satu faktor yang mempengaruhi sintesis kolesterol adalah penggunaan obat-obatan termasuk simvastatin (van der wulp *et al.*, 2013). Mekanisme simvastatin dalam mempengaruhi sintesis kolesterol dapat dijelaskan melalui jalur produksi kolesterol plasma oleh enzim HMG CoA *reduktase*. Pada jalur ini, enzim HMG CoA *reduktase* diregulasi oleh kolesterol intraseluler melalui *feedback* negatif. Kolesterol Intraseluler meregulasi konsentrasi enzim tersebut melalui kemampuannya untuk mempengaruhi transkripsi, translasi mRNA dan degradasi enzim tersebut. Penghambatan absorpsi kolesterol oleh obat simvastatin berefek pada menurunnya kolesterol yang bersirkulasi dalam darah.

Sintesis kolesterol pada hewan dan manusia mengikuti ritme sirkadian, yaitu ritme biologis atau siklus 24 jam bagi proses fisiologis dalam tubuh mahluk hidup. Berdasarkan hasil studi microarray pada jaringan hati tikus galur wistar, ditemukan bahwa HMG-CoA *reduktase* (*3-Hydroxy-3-methylglutaryl Coenzyme A reduktase*), suatu enzim yang berperan dalam sintesis kolesterol menunjukkan

ritme sirkadian dalam ekspresinya dan mencapai puncak pada periode aktif malam hari (Almon *et al.*, 2008).

Selain standar simvastatin, pada penelitian ini juga digunakan standar kolistiramin. Kolestiramin merupakan obat penurun kolesterol yang mekanismenya mengikat asam empedu yang digunakan sebagai pembanding/standard pada uji kapasitas pengikatan asam empedu (Marsono, 2004).

2.20. Landasan Teori

Empulur batang pisang (EBP) adalah bagian batang pisang yang letaknya berada ditengah (inti) batang semu (*Pseudostem*) yang berbentuk seperti tabung dengan diameter 5-6 cm. EBP ini telah lama dikonsumsi oleh warga negara India, Indonesia, dan Malaysia (Mohapatra, Mishra, & Sutar, 2010). Namun, EBP lokal Indonesia khususnya varietas Cavendish di PT NTF masih dianggap limbah atau produk samping buah pisang.

EBP berpotensi ditingkatkan manfaatnya menjadi produk tepung EBP yang memiliki efek terhadap kesehatan karena beberapa hasil penelitian seperti EBP varietas lokal Pulau Balik dan Gelugor Penang Malaysia dilaporkan kaya akan nutrisi seperti DF dan AO (Azis *et al.*, 2011). EBP juga diduga mengandung RS. Hal ini mengacu dilaporkannya RS pada tepung batang semu (*banana pseudo-stem flour*) varietas lokal negara bagian perak Malaysia sebesar 12, 81% dan kandungan pati sebesar 28,26% (Ho *et al.*, 2012). Batang semu merupakan bagian luar yang membungkus EBP.

EBP dapat diproses menjadi tepung EBP yang kaya akan DF dan antioksidan. Namun ada kendala yaitu munculnya warna coklat karena oksidasi

selama proses pengolahan. Terbentuknya warna coklat ini tidak diharapkan karena dapat membatasi pemanfaatan tepung EBP tersebut. Di samping itu, tepung yang berwarna lebih putih dapat meningkatkan penerimaan dan penggunaannya sebagai ingredien pangan (Castilho *et al.*, 2010). Namun demikian upaya untuk mengatasi warna coklat tidak merusak kandungan DF dan antioksidan tepung EBP.

Untuk mengatasi masalah warna coklat pada tepung EBP dapat dilakukan dengan proses *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit. Suhu dan lama *blanching* yang tepat dapat mengnonaktifkan enzim polifenolase penyebab pencoklatan (Jimenez dan Garcia-Carmona, 1999; Akyldiz dan Okal, 2006). Nonaktifnya enzim polifenolase dapat meningkatkan indeks keputihan (*whiteness index*) dari bahan pangan (Richana dan Sunarti, 2004). Sementara itu, natrium bisulfit telah dilaporkan dapat menghambat enzim fenolase dan enzim pemecah pati lainnya (Patmaningrum dan Utomo, 2009). Disamping itu, juga dapat menekan reaksi pencoklatan secara non-enzimatis (Sriwahyuni, 1986)

Selain dapat mengurangi terbentuk warna coklat pada tepung EBP, Perlakuan *blanching* diduga dapat memberi nilai tambah dalam wujud lain seperti meningkatkan komponen DF, RS, dan AO. Perlakuan panas telah dilaporkan dapat meningkatkan SDF karena dapat menyebabkan pecahnya ikatan glikosidik dari polisakarida sehingga dapat melepaskan oligosakarida yang menyebabkan meningkatnya SDF (Elleuch *et al.*, 2011; Johansson, 2012). Pemanasan juga dapat meningkatkan kandungan RS bahan pangan (Marsono, 1998). Di samping itu perlakuan panas juga dapat meningkatkan senyawa total fenolik karena dapat

membebaskan ikatan antara senyawa fenolik dengan polisakarida (Bringelsson *et al.*, 2002; Rahmawati *et al.*, 2018).

Perendaman yang dikombinasikan dengan perlakuan lain seperti pengeringan dan pemanasan telah dilaporkan dapat meningkatkan kandungan RS. Pada saat perendaman granula pati mengalami penggelembungan dan pada saat pemanasan pati mengalami gelatinisasi dan retrogradasi yang dapat meningkatkan RS (Kutos *et al.*, 2003; Derycke *et al.*, 2005). Namun perendaman yang lama dapat melarutkan komponen bahan pangan larut air seperti SDF dan senyawa fenolik.

Penelitian ini juga berusaha meningkatkan nilai guna dari tepung EBP dengan mendesain produk pangan yang kaya akan DF dan AO sehingga memiliki sifat antidislipidemia. Salah satu produk yang dapat dikreasikan dari tepung EBP adalah *food bar* yang merupakan produk camilan berbentuk batang siap saji yang digemari sebagian masyarakat saat ini yang cenderung menyukai produk instan, praktis, dan memiliki manfaat untuk kesehatan. *Food bar* dapat diolah dengan menyusun proporsi pati ganyong lokal dan tepung EBP yang tepat sehingga dihasilkan *food bar* tinggi DF dan AO. Substitusi pati ganyong dengan tepung EBP dimaksudkan untuk meningkatkan kandungan serat dan antioksidan pati ganyong sehingga memiliki sifat anti dislipidemia.

Diet yang mengandung tinggi DF dan AO menunjukkan efek fungsional untuk menurunkan berat badan, meningkatkan pertahanan antioksidan, menurunkan kerusakan oksidasi di sekum, juga meningkatkan efek dari senyawa bioaktif pada profil lipid pada kondisi hiperkolesterolemia dan kapasitas antioksidan (Sáyago-

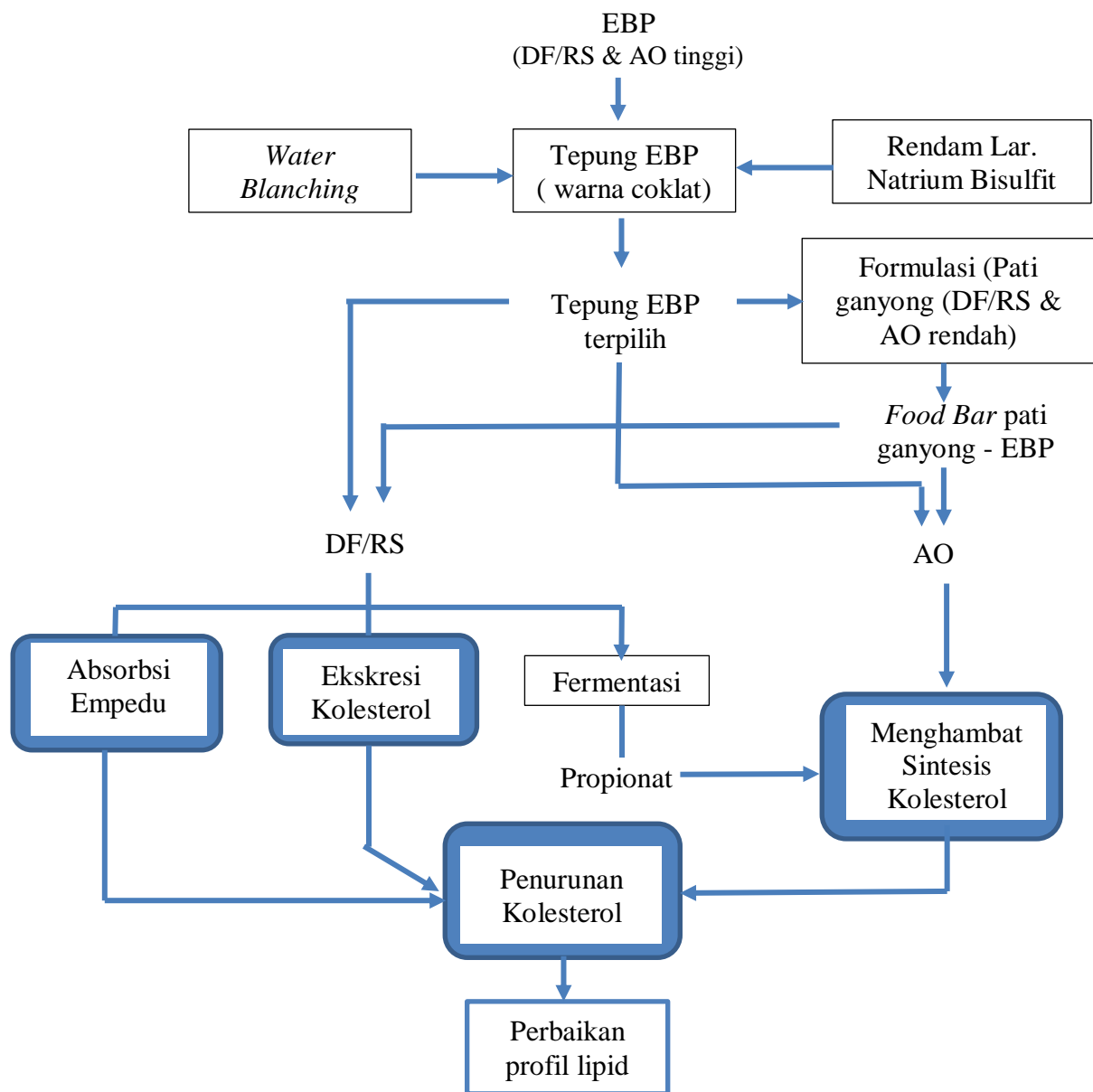
Ayerdi *et al.*, 2014). Komponen DF dapat memperbaiki kondisi dislipidemia melalui kemampuannya dalam menurunkan kolesterol. Fraksi SDF yang difermentasi di kolon menghasilkan SCFA seperti propionat dapat menurunkan kolesterol (Cheng dan Lai, 2000; Trinidad *et al.*, 2006; Wong *et al.*, 2006).

Menurut Marsono (2004), ada lima mekanisme DF dalam menurunkan kolesterol, yaitu (1) DF dapat meningkatkan ekskresi empedu, (2) DF menghambat absorpsi kolesterol (3) DF menurunkan availabilitas kolesterol karena kemampuannya untuk mengikat senyawa organik, (4) DF dapat menurunkan densitas energi makanan sehingga mengurangi sintesis kolesterol, (5) asam lemak rantai pendek (SCFA) yang dihasilkan dalam fermentasi serat seperti propionat dapat mencegah sintesis kolesterol. Terkait senyawa propionat beberapa penelitian lain menyatakan bahwa propionat akan menghambat biosintesa kolesterol hepatic melalui penghambatan HMG-CoA *reductase* (Wong *et al.*, 2006; Chen *et al.*, 2011). Pati Resistan yang termasuk dalam SDF juga memiliki sifat hipokolesterolemik karena memiliki sifat fisiologis sebagaimana SDF seperti meningkatkan SCFA khususnya asam propionat (Sajilata *et al.*, 2005; Cheng dan Lai, 2000). RS juga dapat mengikat asam empedu (Bianchini *et al.*, 1989), dan RS bersifat laksatif yang dapat mengurangi reabsorpsi empedu serta meningkatkan ekskresinya. Mekanisme RS dalam menurunkan kolesterol juga serupa dengan mekanisme penurunan SDF.

Sementara itu, senyawa AO juga diketahui dapat menurunkan kolesterol. Marsono (2005) menyatakan bahwa konsumsi antioksidan kacang merah dapat menurunkan LDL dan trigliserida tetapi menaikkan HDL kolesterol. Beberapa

senyawa antioksidan yang diketahui mampu menurunkan kolesterol yaitu polifenol, antosianin, dan isoflavon (Ghiseli dkk., 1998; Kirk *et al.*, 1998; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014). Mekanisme yang dapat digunakan untuk menjelaskan penurunan kolesterol, salah satunya adalah polifenol dapat menurunkan aktifitas *HMG COA reduktase* (Sung *et al.*, 2004; Xia *et al.*, 2006).

Dari beberapa mekanisme penurunan kolesterol oleh DF/RS di atas, pada penelitian ini hanya akan membuktikan beberapa mekanisme perbaikan kondisi dislipidemia melalui penurunan kolesterol oleh tepung EBP melalui kandungan DF/RS seperti (1) peningkatan ekskresi empedu, (2) penghambatan absorpsi kolesterol, (3) pencegahan sintesis kolesterol melalui produk fermentasi seperti asam propionat atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut. Landasan teori dalam bentuk kerangka berpikir disajikan pada Gambar 2.9.



Keterangan:

EBP= Empulur Batang Pisang; EBPT = Empulur Batang Pisang Terpilih

DF = *Dietary Fiber*; RS = *Resistan Starch*, AO = *Antioksidan*

Gambar 2.9 Kerangka berpikir penelitian potensi empulur batang pisang menghasilkan tepung EBP dan *food bar pati ganyong* – EBP antidiabeteslipidemia

2.21. Hipotesis

Berdasarkan kajian pustaka dan dasar theory yang telah disampaikan, di susun hipotesisi sebagai berikut:

1. Perlakuan *water blanching* suhu air mendidih maupun perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% memperoleh lama waktu yang optimal untuk menghasilkan tepung EBP terbaik dengan warna yang paling putih.
2. Perlakuan *water blanching* suhu air mendidih menghasilkan tepung EBP dengan karakteristik yang lebih baik berdasarkan parameter warna, kadar SDF/RS, dan total fenolik daripada proses perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1%.
3. Formulasi *food bar* dengan substitusi tepung EBP pada pati ganyong meningkatkan kadar SDF/RS dan AO *food bar* yang dapat diterima secara sensorik oleh panelis.
4. Tepung EBP tinggi DF/RS dan antioksidan dan *food bar* pati ganyong – EBP berpotensi memperbaiki profil lipid dan meningkatkan pertahanan antioksidan plasma tikus dislipidemia
5. Mekanisme penurunan kadar kolesterol tikus dislipidemia dapat melalui:
(1) peningkatan ekskresi empedu, (2) penghambatan absorpsi kolesterol,
(3) peningkatan asam propionat dalam digesta atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah EBP varietas Cavendis, klon Cavendis Jepara 30 (CJ30), umur \pm 12 bulan dari perkebunan pisang PT *Nusantara Trofical Farm* (NTF) di Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Lampung. Bahan baku pembuatan *food bar* yang digunakan adalah pati ganyong diperoleh dari Kelompok Petani Mekar Sari, Sendangsari, Kulonprogo. Margarin, gula, dan glukosa sirup diperoleh dari pasar Swalayan Mirota, Yogyakarta.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain petroleum eter, katalisator, H₂SO₄ pekat, Aquades, BCG-MR, Asam borat 4%. HCl 0,02 N, 0,1 M Buffer Fosfat pH 6, enzim α -amylase (Sigma), enzim pepsin (sigma), enzim pankreatin (Sigma).

Pada eksperimen secara *in vivo* menggunakan Tikus *Sprague Dawley* jantan, umur 2 bulan, berat 150-180 gram dari Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (PSPG-UGM) Yogyakarta. Diet hewan coba yang digunakan adalah pakan standar *American Institute Nutrition* AIN 93 M, (Reeves *et al.*, 1993) pakan hiperkolesterol mengandung kolesterol 10 g/kg pakan, dan AIN 93 M modifikasi.

3.2. Peralatan.

Peralatan yang digunakan berupa peralatan untuk *blanching* seperti, oven (Juan EB 1000, Jerman), *Whiteness Tester* (Kelt C-100-3 Jepang), dan peralatan untuk pembuatan *food bar*, meliputi *mixer*, cetakan *food bar*, timbangan analitik,

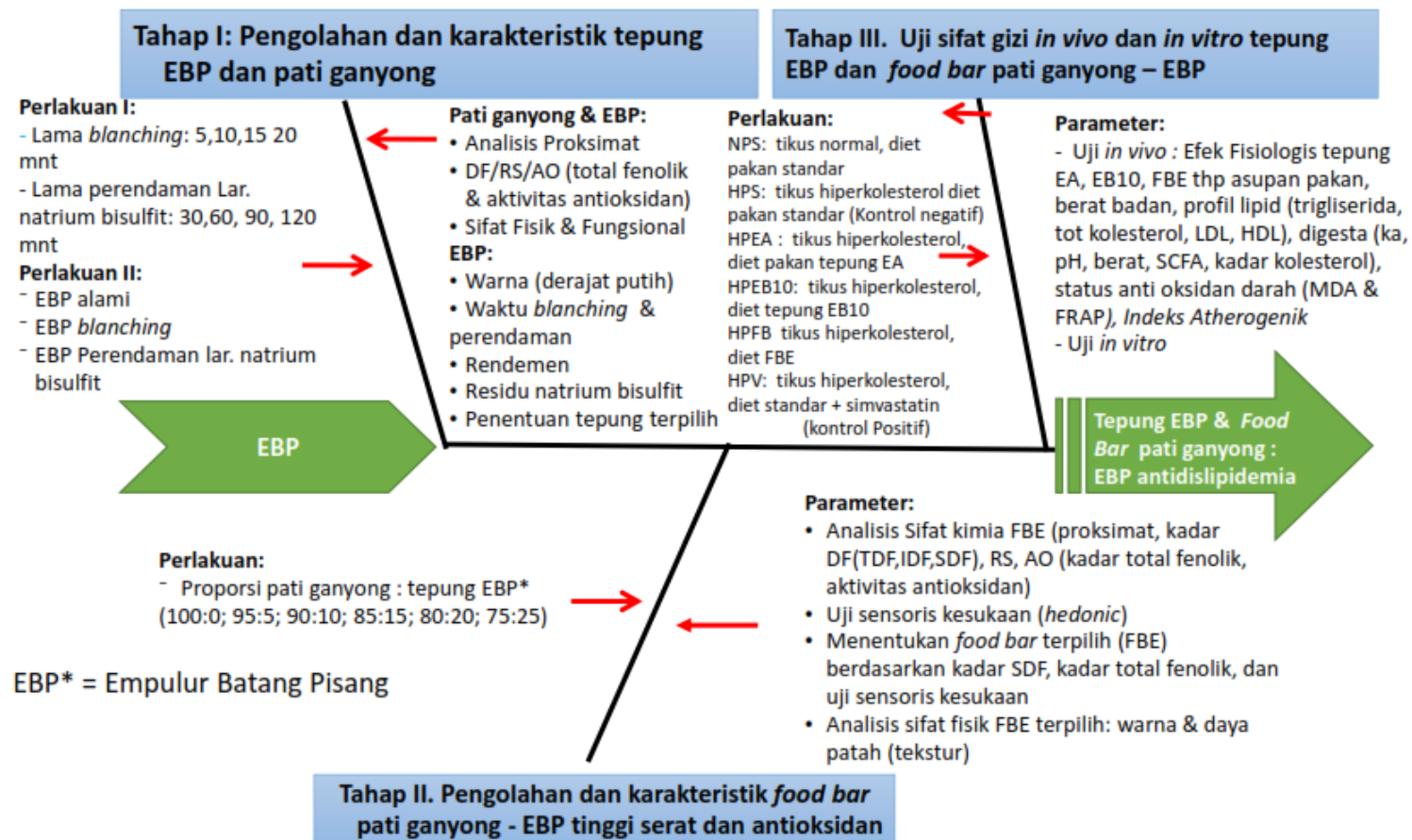
oven listrik, loyang tempat adonan, dan sendok. Unit peralatan untuk analisis kimia yang meliputi kadar air (oven, eksikator, penjepit), kadar abu (kurs porselen, *muffle*, eksikator, oven), lemak (*soxhlet*, oven, botol timbang, kertas saring, kapas), protein (labu kjeldahl, erlenmeyer, alumunium foil, *waterbath shaker*, pH meter, timbangan analitik), unit peralatan untuk pengujian fisik (*Universal Texture Analyzer*), *Scanning Electron Microscope/SEM* (Hitachi seri SU1510), dan peralatan pengujian sensoris (ruang uji sensoris, cawan, borang penilaian), serta peralatan untuk analisis DF dan uji total fenolik dan aktivitas antioksidan. Peralatan untuk analisis SCFA berupa seperangkat peralatan *Gas Chromatography/GC* (Shimadzu seri GC 8)

3.3. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pangan dan Gizi, Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian, Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM Yogyakarta dan Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Polinela, Lampung, serta Laboratorium Gizi, Pusat Studi Pangan dan Gizi (PSPG) UGM. Penelitian dilaksanakan selama 6 bulan mulai bulan Nopember 2017 - April 2018.

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui 3 tahap penelitian. Tahap penelitian selengkapny digambarkan pada Diagram Tulang Ikan Tahapan Penelitian (Gambar 3.1).



Gambar 3.1. Diagram Tulang Ikan Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan melalui 3 tahap, yaitu:

- (1) Pengolahan dan karakteristik tepung EBP dan pati ganyong. Tahap ini dimulai dengan pembuatan tepung EBP alami atau tanpa perlakuan (tepung EA), tepung EBP dengan variasi lama perlakuan *water blanching*, dan tepung EBP dengan variasi lama perlakuan perendaman dalam larutan bisulfit. Selanjutnya dilakukan pemilihan tepung EBP hasil perlakuan *water blanching* dan perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit berdasarkan parameter warna, kadar SDF, dan total fenolik. Tepung EBP dilakukan karakteristik sifat fisik, kimia, dan fungsionalnya. Pada tahap ini juga dilakukan analisis kimia pati ganyong.
- (2) Pengolahan dan karakteristik *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan. Tahap ini didahului dengan pembuatan *food bar* tinggi serat dan antioksidan hasil substitusi pati ganyong dengan tepung EBP pada Tahap I yang selanjutnya diberi nama *food bar* pati ganyong – EBP tinggi serat sebanyak 6 variasi, yaitu *food bar* pati ganyong: EBP (proporsi pati ganyong : tepung EBP (100 : 0; 95 : 5; 90 : 10; 85 : 15; 80 : 20) berdasarkan uji kesukaan (hedonik), kadar SDF dan total fenolik.
- 3) Uji sifat gizi *in vivo* dan *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP. Tahap ini difokuskan untuk menguji potensi hipokolestolemik tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan untuk menurunkan kadar kolesterol pada tikus hiperkolesterolemia serta penentuan mekanismenya.

Tahap penelitian berdasarkan input, proses dan outputnya disajikan pada

Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Tahap penelitian berdasarkan input, proses dan outputnya

Tahap	Input	Proses	Output
I	1. Pati ganyong	Analisis kimia: air, protein, lemak, abu karbohidrat <i>by difference</i> , DF (TDF, IDF, SDF), RS, total fenolik, aktivitas antioksidan	1. Kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat <i>by difference</i> , DF (TDF, IDF, SDF), RS, total fenolik, aktivitas antioksidan
	Empulur batang pisang (EBP)	Variasi lama <i>water blanching</i> (5, 10, 15, dan 20 menit) dan lama perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% (30, 60, 90, dan 120 menit)	Lama waktu <i>blanching</i> dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit, serta warna tepung (derajat putih).
	(1). EBP (2). Lama waktu <i>blanching</i> dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit	1. Pembuatan tepung metode <i>water blanching</i> dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1%, dengan bahan EBP	1. 3 (tiga) tepung: (1) EBP alami (2) EBP <i>blanching</i> (3) EBP Perendaman
	1. 3 (tiga) tepung: (1) EBP alami (2) EBP <i>blanching</i> (3) EBP Perendaman	1. Analisis kimia 3(tiga) tepung: komposisi proksimat (air, protein, lemak, abu, karbohidrat <i>by difference</i>), DF (TDF, IDF, SDF), total fenolik, aktivitas antioksidan, RS, residu natrium bisulfit 2. (1) Penentuan tepung EBP berdasarkan warna, kandungan SDF, dan total fenolik. (kriteria: warna dengan derajat putih tertinggi, kadar DF tertinggi; total fenolik tertinggi).	1. Kadar air, protein, lemak, dan abu, karbohidrat <i>by difference</i> , DF (TDF, IDF, SDF), polifenol, aktivitas antioksidan, RS, residu natrium bisulfit 2. Tepung EBP alami dan tepung EBP <i>water blanching</i>
	Tepung EBP alami dan tepung EBP <i>water blanching</i>	Analisis sifat fisik: Mikrostruktur (SEM) Analisis fungsional (WHC, OHC, SC, CEC, sifat fasting, kapasitas antioksidan)	Sifat fisik tepung EBP alami dan EBP 1. Sifat fungsional tepung EBP alami dan Tepung EBP
II	Pati ganyong merk Mekarsari dan tepung EBP <i>water blanching</i>	1. Menentukan proporsi pati ganyong : tepung EBP <i>water blanching</i> (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 75:25)	1. 6. Proporsi pati ganyong : tepung EBP
	6(enam) proporsi pati	2. Membuat <i>food bar</i> pati	2. 6 (enam) variasi <i>food bar</i>

Tahap	Input	Proses	Output
	ganyong : tepung EBP	ganyong : EBP	pati ganyong : EBP
	6 (enam) variasi <i>food bar</i> pati ganyong : EBP	<p>3. Analisis sifat kimia <i>food bar</i> pati ganyong – EBP : komposisi proksimat (air, abu, lemak, protein, karbohidrat <i>by different</i>), kadar DF (TDF,IDF,SDF), RS, kadar total fenolik, aktivitas antioksidan</p> <p>4. Uji sensoris kesukaan atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur</p> <p>5. Menentukan <i>food bar</i> pati ganyong – EBP berdasarkan uji sensoris kesukaan atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur, SDF, dan total fenolik</p> <p>6. Analisis sifat fisik <i>food bar</i> pati ganyong – EBP terbaik: warna dan tingkat kekerasan</p>	<p>3. Sifat kimia <i>food bar</i> pati ganyong - EBP (air, abu, lemak, protein, karbohidrat <i>by different</i>), kadar DF(TDF,IDF,SDF), RS kadar total fenolik, aktivitas antioksidan</p> <p>4. Data uji sensoris kesukaan atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur.</p> <p>5. <i>Food bar</i> pati ganyong – EBP terbaik akan di uji <i>in vitro</i> dan <i>in vivo</i> pada tahap III.</p> <p>6. Sifat fisik <i>food bar</i> pati ganyong – EBP (warna dan tingkat kekerasan)</p>
III	Tepung EBP alami, Tepung EBP terbaik, <i>food bar</i> pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik	<p>1. Uji <i>in vitro</i> untuk mengetahui kapasitas pengikatan empedu menggunakan pembanding <i>Cholestyramine</i> terhadap tepung EBP terbaik</p> <p>2. Pengujian efek fisiologis tepung EBP alami (EA), tepung EBP terbaik, <i>food bar</i> pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik terhadap asupan pakan, berat badan, profil lipid (trigliserida, tot kolesterol, LDL, HDL), Digesta (kadar air, pH, berat, SCFA, kadar kolesterol), pertahanan antioksidan plasma darah (MDA & FRAP), Indeks Atherogenik pada tikus</p>	<p>1. Kapasitas pengikatan empedu tepung EBP kontrol, EBP, <i>food bar</i> pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik</p> <p>2. Efek fisiologis tepung EBP alami, tepung tepung EBP terbaik, <i>food bar</i> pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik terhadap asupan pakan, berat badan, profil lipid (trigliserida, tot kolesterol, LDL, HDL), digesta (kadar air, pH, berat, SCFA, kadar kolesterol), pertahanan antioksidan plasma darah (MDA & FRAP), indeks atherogenik, pada tikus SD Hiperkolesterolemia</p>

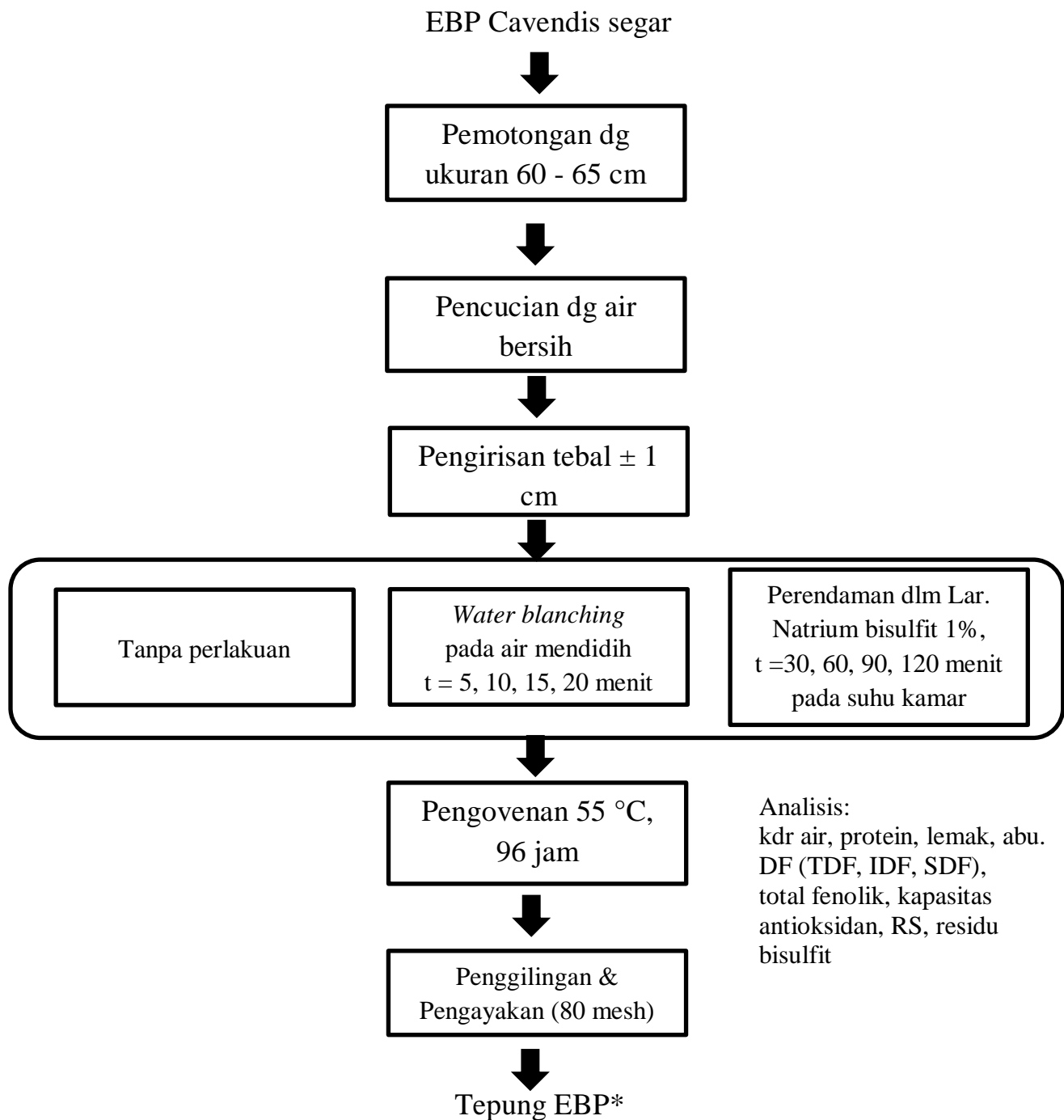
Tahap I: Pengolahan dan karakterisasi tepung EBP dan pati ganyong

I.I. Tujuan

- 1) Menentukan waktu yang optimal untuk menghasilkan tepung EBP terbaik dengan warna yang paling putih melalui perlakuan *water blanching* maupun perendaman dalam larutan natrium bisulfit.
- 2) Memilih perlakuan yang menghasilkan tepung EBP yang lebih baik berdasarkan parameter warna, kadar SDF, dan total fenolik dan mengkarakterisasi sifat fisik maupun sifat kimianya yang berhubungan dengan efek fisiologis terhadap profil lipid tikus dislipidemia. Pada tahap ini dilakukan analisis kimia dan fisiko kimia pati ganyong untuk mengetahui sifat kimia pati dan fisiko kimia pati ganyong.

1.2. Jalannya Penelitian

Pembuatan tepung EBP dilakukan dengan cara seperti yang dikerjakan oleh Nurhayati *et al.* (2015) yang mengalami sedikit modifikasi. Tepung EBP diperoleh dengan cara mengambil empulur dari batang pisanganya. Pencucian dilakukan untuk membersihkan EBP menggunakan air bersih. Selanjutnya, EBP diolah sesuai variasi proses pengolahan (*water blanching*, (suhu air mendidih) dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1%, suhu ruang) seperti alir proses pada Gambar 3.2. Selanjutnya masing-masing irisan EBP dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C selama \pm 96 jam sampai kering. Irisan EBP yang telah kering kemudian digiling sampai halus dan diayak dengan pengayakan 80 mesh sehingga hasil akhirnya berupa tepung EBP.



Analisis:
kdr air, protein, lemak, abu.
DF (TDF, IDF, SDF),
total fenolik, kapasitas
antioksidan, RS, residu
bisulfit

Keterangan:

EBP = empulur batang pisang

EBP* = EBP alami (EA), EBP *blanching* (EB 5,10, 15, 20 menit)

EBP perendaman lar natrium sulfit (ER 30, 60, 90, 120 menit)

DF = *diatary piber*; TDF = *total diatary piber*; SDF = *soluble diatary piber*

IDF = *Insoluble diatary piber*

Kotak besar = variasi proses pengolahan (perlakuan)

Gambar 3.2. Diagram alir proses pembuatan tepung empulur batang pisang

Setelah memperoleh tepung EBP, selanjutnya dilakukan proses pemilihan tepung pada perlakuan *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit untuk mendapatkan masing-masing satu tepung terbaik dari dua perlakuan tersebut. Untuk dapat lebih mudah dalam memahami proses pengolahan, pemberian perlakuan, dan proses pemilihan tepung EBP dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Proses pengolahan, pemberian perlakuan, dan proses pemilihan tepung EBP perlakuan *blanching* dan perendaman larutan natrium bisulfit

Tepung	Perlakuan pengolahan			Pemilihan tepung terbaik berdasarkan warna (WI)
	Alami	<i>Water Blanching</i> suhu 100°C lama waktu (5, 10, 15, dan 20 menit)	Perendaman larutan natrium bisulfit 1% lama waktu (30, 60, 90, 120 menit)	
EA	EA			EA
EB 5		EB 5		EB X
EB 10		EB 10		
EB 15		EB 15		
EB 20		EB 20		
ER 30			ER 30	ER Y
ER 60			ER 60	
ER 90			ER 90	
ER 120			ER 120	

Keterangan: tepung EBP alami (EA); tepung EBP *blanching* 5 – 20 menit (EB 5 – 20), Tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 30 -120 menit (ER 30 -120)
Tepung EBP perlakuan *water blanching* terbaik (EB X); Tepung EBP perlakuan perendaman larutan natrium bisulfit terbaik (ER Y); *White Index* (WI)

Berdasarkan Tabel 3.2 di atas akan didapatkan satu tepung terbaik dari perlakuan *water blanching* dan satu tepung EBP terbaik dari perlakuan perendaman larutan natrium bisulfit. Selanjutnya kedua tepung dan tepung EA dilakukan pemilihan lagi berdasarkan warna, kandungan SDF, dan total fenolik untuk mendapatkan tepung terbaik yang akan dilanjutkan ke tahap selanjutnya.

1.3 Penentuan EBP terbaik

Penentuan perlakuan terbaik menggunakan prinsip De garmo *et al.*, 1984 dalam Diniyah *et al.*, 2012). Penentuan perlakuan terbaik metode ini adalah pemilihan parameter pengamatan yang sesuai prioritas penelitian yang selanjutnya ditentukan bobot, nilai terjelek, dan nilai terbaik. Parameter pengamatan yang dipilih yaitu warna tepung, SDF, dan total fenolik. Selanjutnya parameter-parameter tersebut dinilai (skore) dan diberi bobot. Skore yang digunakan terdiri dari tiga angka yaitu angka 1 (skore terendah), angka 2 (skore sedang), angka 3 (skore tertinggi). Bobot ditentukan berdasarkan pentingnya peran parameter dalam pemilihan. Bobot untuk parameter warna sebesar 30% sedangkan SDF 40% dan komponen total fenolik sebesar 30% (Tabel 3.3). Bobot parameter SDF diberi bobot paling tinggi dibandingkan kedua parameter lainnya karena tepung yang dihasilkan diharapkan mempunyai sifat antidislipidemia.

Tabel 3.3 Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan warna, SDF, dan total fenolik

Sampel/perlakuan	Warna (bobot 30)		SDF (bobot 40)		Total fenolik (bobot 30)		Total nilai
	skore	nilai	skore	nilai	skore	nilai	
EA	*	**	*	**	*	**	#
EB X	*	**	*	**	*	**	##
ER Y	*	**	*	**	*	**	#

Keterangan: Nilai (**) = skore x bobot; * = 3 terbaik, 2 sedang, 1 terjelek;

= total nilai (nilai warna + SDF + total fenolik); ## = perlakuan terbaik

EA = tepung EBP alami, EB X = tepung EBP *water blanching* terbaik,

ER Y = tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit terbaik

1.4 Metode analisis

Untuk mengetahui karakteristik fisik, kimia, dan fungsional tepung EBP dan pati ganyong dilakukan serangkaian analisis terhadap parameter-parameter penelitian. Metode analisis yang lebih rinci dalam penelitian ini disajikan dalam Lampiran I. Secara garis besar analisis dan metode yang digunakan sebagai berikut:

1.4.1. Analisis sifat fisik tepung EBP dan pati ganyang

Analisis sifat fisik yang dilakukan pada tepung EBP dan pati ganyong adalah analisis warna. Karakteristik warna yang diukur meliputi kecerahan (L^*), kemerahan (a^*), warna kuning (b^*), perbedaan warna (ΔE), dan indeks keputihan/white index (WI). Analisis sifat fisik lainnya yang dilakukan pada Tahap I terhadap tepung EBP dan pati ganyong adalah analisis SEM metode Chen *et al.*, 2014

1.4.2. Analisis sifat kimia tepung EBP dan pati ganyang

Analisis sifat kimia tepung EBP dan pati ganyong meliputi analisis proksimat (kadar (ka) air metode oven (AOAC, 1995); ka protein metode mikro kjeldahl (AOAC, 1995), ka lemak metode ekstraksi soxhlet (AOAC, 1995), ka abu (AOAC, 1995). ka karbohidrat *by difference* (AOAC, 1995), ka DF metode Asp *et al.*, 1983, ka RS metode Goni *et al.*, 1996, ka natrium bisulfit metode Ranganna, 1977, ka total fenolik metode Senter *et al.*, 2006.

1.4.3. Analisis sifat fungsional

Analisis sifat fungsional serat (kapasitas penahanan air/*water holding capacity* (WHC) metode Chau dan Huang, 2003), kapasitas penahanan

minyak/oil holding capacity (OHC) metode Chau dan Huang, 2003), kapasitas pengembangan/Swelling Capacity (SC) metode Robertson *et al.*, 2000), kapasitas pengikatan kation (CEC) metode Jimenez *et al.*, 2000), aktivitas antioksidan metode Hatano *et al.*, 1988 dalam Yen dan Chen, 1995, sifat *fasting* menggunakan alat *Rapid Visco Analyzer/RVA*

1.5 Rancangan percobaan

Rancangan percobaan pada pembuatan tepung *blanching* dan natrium bisulfit menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan pada pembuatan tepung *blanching* meliputi lama *blanching* 5, 10, 15, dan 20 menit. Perlakuan pada pembuatan tepung perendaman larutan natrium bisulfit meliputi lama perendaman 30, 60, 90, dan 120 menit. Pada analisis proksimat dan sifat kimia menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan 3 ulangan. Sebagai perlakuan adalah 3 tepung EBP (EBP alami, EBP *blanching*, EBP perendaman). Parameter yang diamati adalah kadar air, protein, lemak, dan abu, karbohidrat *by difference*, DF (TDF, IDF, SDF), total fenolik, aktivitas antioksidan, RS, dan residu natrium bisulfit

Data dianalisis secara statistik dengan dihitung rerata \pm standar deviasi dan dilakukan analisis variansi (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika ada perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) (Gomes, 1995). Analisis dilakukan menggunakan SPSS 20.0

Tahap II. Pengolahan dan karakterisasi *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan

2.1. Tujuan

1. Mengetahui pengaruh formulasi *food bar* pati ganyong – EBP terhadap kadar DF dan AO *food bar* yang dapat diterima secara sensorik oleh panelis
2. Menentukan formula terbaik *food bar* pati ganyong – EBP berdasarkan uji kesukaan, kadar DF larut dan komponen total fenolik

2.2. Jalannya Penelitian

Tahap pelaksanaan penelitian *food bar* adalah sebagai berikut:

1. Penentuan proporsi pati ganyong : tepung EBP
2. Pembuatan *food bar* berdasarkan proporsi yang telah ditentukan.
3. *Food bar* substitusi pati ganyong dengan tepung EBP dilakukan uji kimia, uji fisik, dan uji sensoris kesukaan
4. Pemilihan/penentuan satu *food bar* pati ganyong – EBP terbaik berdasarkan uji kesukaan, kadar SDF dan komponen total fenolik diantara 6 (enam) *food bar* yang diolah dengan variasi proporsi pati ganyong : tepung EBP ((100:0); (95:5); (90:10); (85:15); (80:20); (75:25)).

2.2.1. Penentuan proporsi pati ganyong : tepung EBP

Penentuan proporsi pati ganyong : tepung EBP sesuai Tabel 3.2. Penentuan proporsi ini dimaksudkan untuk memperoleh *food bar* dengan warna, aroma, rasa, dan tekstur mendekati *food bar* melalui uji sensoris dan pengukuran secara fisik terhadap teksturnya. *Food bar* yang dihasilkan diharapkan bersifat antidislipidemia yaitu tinggi DF dan AO.

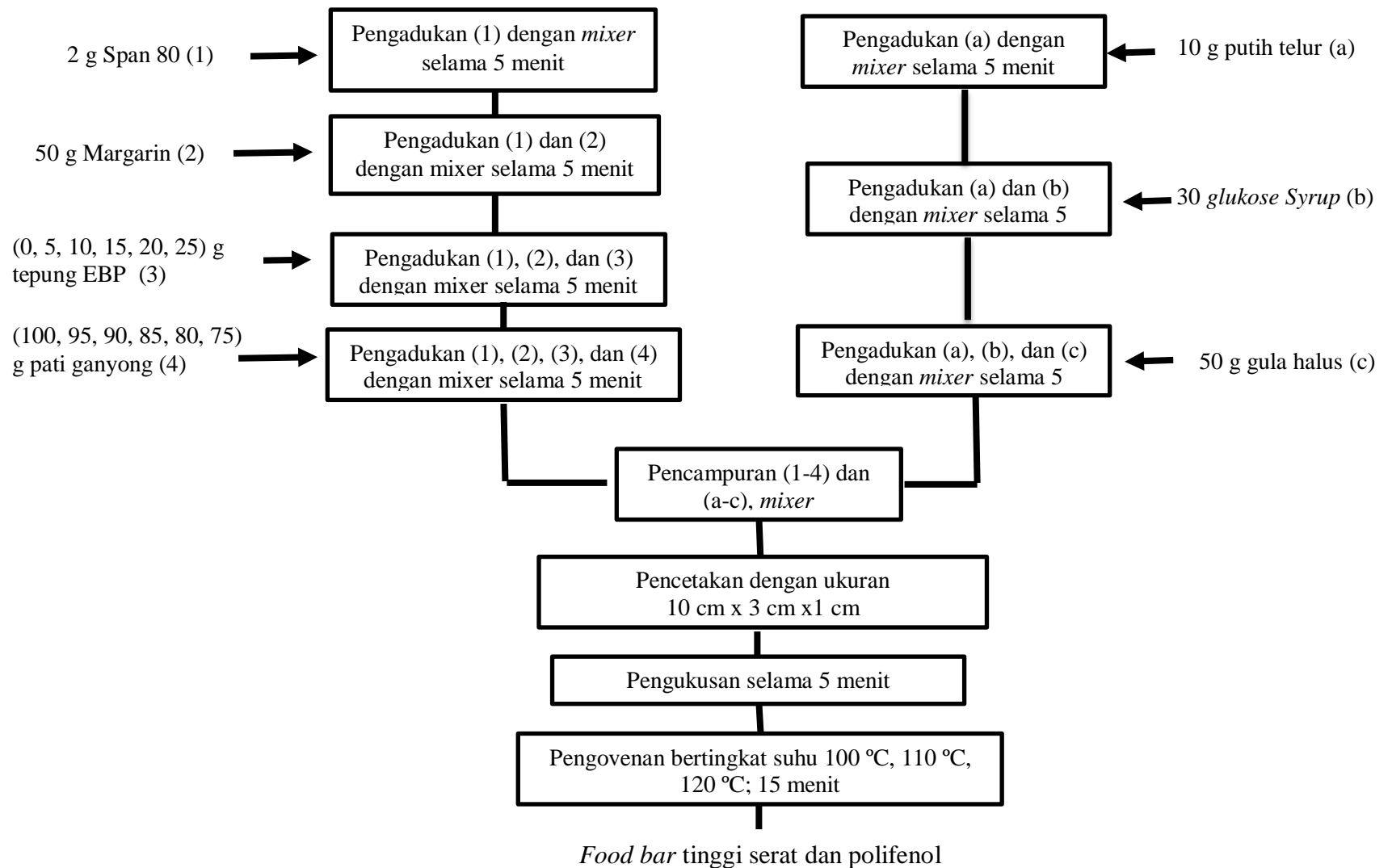
Tabel 3.4. Formula *food bar* dengan berbagai proporsi EBP

	Subs tepung EBP 0%	Subs tepung EBP 5%	Subs tepung EBP 10%	Subs tepung EBP 15%	Subs tepung EBP 20%	Subs tepung EBP 25%
Pati ganyong	100 g	95 g	90 g	85 g	80 g	75 g
Tepung EBP terbaik	0 g	5 g	10 g	15 g	20 g	25 g
Span 80	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
Putih telur	10 g	10 g	10 g	10 g	10g	10g
Margarin	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g
Gula halus	50 g	50 g	50 g	50 g	50g	50g
<i>Glukose</i> <i>syrup</i>	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g	30 g

Proporsi pati ganyong : tepung EBP pada *food bar* pati ganyong - EBP pada Tabel 3.2 diperoleh dari penelitian yang dilakukan Pramitasari (2015). Formula dalam penelitian tersebut memakai variabel penambahan tepung agar pada kisaran 0-25% dengan *food bar* tepung ganyong substitusi tepung agar 10% memperoleh respon kesukaan terbaik. Namun pada Tabel tersebut telah dilakukan modifikasi formula yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

2.2.2. Pembuatan *Food Bar* Pati Ganyong – EBP

Proporsi pati ganyong – EBP pada pembuatan *food bar* menggunakan cara seperti yang dikerjakan oleh Pramitasari (2015) dengan modifikasi bahan yang digunakan dan kandungan gizinya. Prosedur pembuatan *food bar* pati ganyong – EBP dapat dilihat pada Gambar 3.3. Kandungan gizi *food bar* pada penelitian ini akan mengacu kepada kandungan gizi *food bar* yang dikeluarkan oleh USDA 2019 dengan modifikasi.



Gambar 3.3. Diagram alir proses pembuatan *food bar* pati ganyong – EBP

2.2.3. Pengukuran sifat kimia produk

Pengukuran sifat kimia *food bar* pati ganyong: EBP proporsi pati ganyong : tepung EBP (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 75:25) meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, protein dan *by different* (AOAC, 1995), serta DF dengan enzimatis gravimetri (Asp *et al.*, 1983), analisis total fenolik (Senter *et al.*, 2006) dan aktivitas antioksidan (Hatano *et al.*, 1988 dalam Yen dan Chen 1995)

2.2.4. Pengukuran sifat fisik produk

Pengukuran sifat fisik hanya dilakukan terhadap *food bar* pati ganyong – EBP terbaik yaitu pengukuran tingkat kekerasan dari *food bar* yang dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Texture Analyser* (Cahyono, 2015)

2.2.5 Evaluasi sensoris

Evaluasi sensoris atau penilaian parameter organoleptik dilakukan pada enam sampel, yaitu pada *food bar* pati ganyong – EBP proporsi pati ganyong : tepung EBP (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; 75:25). Tujuan dari evaluasi sensoris untuk mengetahui seberapa banyak tepung EBP yang dapat disubstitusikan pada pati ganyong agar dapat dihasilkan produk yang karakteristiknya mendekati *food bar* komersial. *Food bar* komersial yang digunakan sebagai pembanding adalah Soyjoy

Evaluasi sensoris yang dilakukan adalah uji hedonik (uji kesukaan) dengan metode pengambilan data secara *scoring/rating* dengan skala 1-5. Evaluasi sensoris menggunakan 25 panelis yang telah diberi pengarahan singkat sebelum melakukan uji. Pemilihan panelis berdasarkan pengetahuan dan pengalaman

dalam mengkonsumsi produk *food bar* komersial. Atribut yang diuji meliputi warna, aroma, rasa, dan tekstur. Selanjutnya dilakukan penilaian 7 produk *food bar* dengan kode berbeda.

2.2.6 Penentuan formula terbaik

Penentuan *foot bar* pati ganyong – EBP terbaik (FBE) dilakukan dengan menggunakan cara pembobotan (Pradita, 2015 yang mengalami sedikit modifikasi) pada beberapa atribut *food bar*. Sistem pembobotan dilakukan pada uji kesukaan, uji sifat fisik, dan kimia. Sebelum diberi bobot dilakukan pemberian nilai pada uji kesukaan dengan kriteria nilai 3 untuk respon kesukaan terbaik, dan nilai 1 untuk nilai kesukaan paling jelek. Penilaian untuk uji sifat kimia diberikan pada hasil uji SDF dan total fenolik dengan nilai 3 untuk kadar tertinggi dan nilai 1 untuk kadar terendah. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian bobot untuk masing-masing atribut yang nilainya disesuaikan dengan pentingnya peranan atribut dalam pemilihan. Bobot nilai untuk uji kesukaan sebesar 30% sedangkan SDF 40% dan komponen total fenolik diberi bobot nilai sebesar 30% (Tabel 3.4).

2.2.7. Rancangan percobaan

Rancangan percobaan pada tahap ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 3 kali ulangan. Sebagai perlakuan adalah 6 proporsi pati ganyong : tepung EBP (100:0; 95:5; 90:10; 85:15; 80:20; dan 75:25).

Tabel 3.5 Penentuan *foot bar* pati ganyong – EBP terbaik berdasarkan uji kesukaan, SDF, dan total fenolik

Sampel/perlakuan	Warna (bobot 30)		SDF (bobot 40)		Total fenolik (bobot 30)		Total nilai
	skore	nilai	skore	nilai	skore	nilai	
FBE 1	*	**	*	**	*	**	#
FBE 2	*	**	*	**	*	**	##
FBE 3	*	**	*	**	*	**	#
FBE 4	*	**	*	**	*	**	#
FBE 5	*	**	*	**	*	**	#
FBE 6	*	**	*	**	*	**	#

Keterangan: nilai (**) = skore x bobot; * = 3 terbaik, 2 sedang, 1 terjelek;

= total nilai (nilai warna + SDF + total fenolik)

= *foot bar* pati ganyong – EBP terbaik (FBE)

Parameter yang diamati adalah analisis proksimat (kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar karbohidrat *by difference*), kadar DF, dan kadar total fenolik, serta analisis fisik berupa pengujian warna dan kekerasan dan uji sensoris berupa uji kesukaan terhadap atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur

Data dianalisis secara statistik dengan dihitung rerata \pm standar deviasi dan dilakukan analisis variansi (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika ada perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) (Gomes, 1995). Analisis dilakukan menggunakan SPSS 20.0

Tahap III. Uji sifat gizi *in vivo* dan *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP

3.1 Tujuan

- 1) Mengevaluasi potensi tepung dalam memperbaiki profil lipid tikus dislipidemia
- 2) Membuktikan kemungkinan mekanisme penurunan kadar kolesterol tikus dislipidemia dari Tepung EBP dan FBE.

3.2 Jalannya Penelitian

3.2.1 Uji sifat gizi *in vivo* tepung EBP dan FBE

Secara garis besar uji sifat gizi *in vivo* tepung EBP dan FBE meliputi tahap-tahap sebagai berikut: pembuatan pakan, intervensi pakan hewan coba, anestesi, pembedahan, dan analisis.

3.2.1.1. Pembuatan pakan

Pembuatan pakan dalam penelitian didahului oleh proses analisis proksimat, DF, RS, antioksidan untuk mengetahui komposisi kimia sampel yang akan diujicobakan. Penelitian ini menggunakan tiga jenis diet yaitu pakan standar AIN 93M, pakan tinggi kolesterol, dan pakan AIN 93M yang telah dimodifikasi. Pakan standar dibuat berdasarkan standar dari formula basal yang telah ditetapkan oleh *American Institute of Nutrition* 1993 (AIN'93 M). Cara membuat pakan yaitu bahan-bahan seperti pati jagung, sukrosa, casein, minyak kedelai, CMC, dan tepung EBP/FBE dicampur sebagai campuran pertama. Campuran kedua diperoleh dengan mencampurkan vitamin, mineral, dan kolin bitartat. Kedua campuran dicampur secara bertahap sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya adonan dicetak berbentuk selinder panjang, dipotong menjadi lebih pendek (± 5 cm) dan dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 24 jam.

Tabel 3.6. Komposisi pakan tikus

Komposisi	Pakan					
	Standar AIN 93 M (NPS)	Standar AIN 93 M (HPS)	Standar AIN 93 M (HPV)	Tepung EBP alami (HPEA)	Tepung EBP <i>Blanching</i> (HPEB10)	<i>food bar</i> EBP (HPFB)
Protein:						
Casein	140	140	140	111,07	110,76	66,67
Pati jagung	620,7	620,7	620,7	611,82	702, 59	156,52
Sukrosa	100	100	100	100	100	100
Minyak kedele	40	40	40	39,11	38,98	
CMC	50	50	50			
Tepung EA				108,44		
Tepung EB10					114,10	
FBE						659,63
Mineral mix	35	35	35	1,17	5,32	17,32
Vitamin mix	10	10	10	10	10	10
L-cystein	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Kholin bitartrat	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Total kal	3.802,8	3.802,8	3.802,8	3918,8	4318,8	4207,7
Berat pakan	1.000 g	1.000 g	1.000 g	1.087,44	1.093,10	1.670,63
Kepadatan kal	3,8 Kal/g pakan	3,8 Kal/g pakan	3,8 Kal/g pakan	3,60 Kal/g pakan	3,95 Kal/g pakan	2,52 Kal/g pakan

Keterangan: Kelompok tikus normal pakan standar (NPS), kelompok tikus hiperkolesterol pakan standar (HPS); kelompok tikus hiperkolesterol pakan standar + simvastatin (HPV); Kelompok tikus hiperkolesterol pakan tepung EBP alami (HPEA), kelompok tikus hiperkolesterol pakan tepung EBP *blanching* (HPEB10), kelompok tikus hiperkolesterol pakan *food bar* pati ganyong - EBP (HPFB).

3.2.1.2. Intervensi pakan hewan coba

Penelitian ini didahului dengan pengurusan izin guna memperoleh izin (*Ethical Clearence*) dari komisi ethic Fakultas Kedokteran Hewan UGM. Hewan coba yang digunakan dalam penelitian adalah tikus *Sprague Dawley* jantan

berumur umur 2 bulan, berat badan 150-200 g diperoleh dari Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (PSPG-UGM), Yogyakarta. Tikus dimasukkan dalam kandang secara individual dengan kondisi kandang sebagai berikut: suhu 28 – 32 °C kondisi cahaya tidak terkontrol, ventilasi udara di dalam kandang cukup dan kelembaban relatif 50-60%. Sebelum pemberian pakan, kandang dan tempat kotoran dicuci terlebih dahulu untuk membersihkan kotoran dan sisa pakan.

Jumlah hewan percobaan dihitung dengan rumus *Federer* yaitu: $(t-1)(n-1) \geq 15$, dengan keterangan t adalah kelompok perlakuan (kelompok) dan n adalah jumlah sampel tiap kelompok. Jumlah tikus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 30 ekor yang dibagi menjadi 6 kelompok dengan jumlah tikus masing-masing kelompok sebanyak 5 ekor. Enam (6) kelompok tikus dalam penelitian ini yaitu kelompok normal diberi pakan standar AIN 93 M (kontrol normal/NPS), hiperkolesterolemia diberi pakan standar AIN 93 M tanpa perlakuan (kontrol negatif/HPS), hiperkolesterolemia diberi pakan tepung EBP alami (HPEA), hiperkolesterolemia diberi pakan tepung EBP *water blanching* (HPEB10), hiperkolesterolemia diberi pakan FBE (HPFB), dan hiperkolesterolemia diberi pakan standar AIN 93 M disertai pemberian obat simvastatin (kontrol positif/HPV) 3ml/200gr (Katzung *et al.*, 2012). Tikus diadaptasikan selama 4 hari dengan pakan standar AIN'93 M. Selama masa adaptasi, tikus diberikan akses pada makanan dan air secara *ad libitum*.

Pada hari ke-8 tikus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok tikus normal (5 ekor) dan kelompok tikus yang diinduksi hiperkolesterolemia (25 ekor).

Tikus diinduksi hiperkolesterolemia dengan cara pemberian pakan yang mengandung kolesterol sebanyak 10 g/kg pakan (Serougne *et al.*, 1995) selama 7 hari (Tabel 3.7).

Tabel 3.7. Pakan induksi kolesterol

Komposisi	Pakan Induksi Kolesterol
Protein: casein	140
Pati jagung	610,7
Sukrosa	100
Minyak kedelai	40
CMC	50
Mineral mix	35
Vitamin mix	10
L-cystein	1,8
Kholin bitartat	2,5
Kolesterol	10
Na cholate	2,5
Total kal	3.802,80
Berat pakan	990,7
Kepadatan kal	3,4 Kal/g pakan

Sumber: (Revees *et al.*, 1993)

Pemberian pakan yang mengandung kolesterol tersebut dilakukan setiap hari secara *ad libitum* selama 7 hari. Setelah itu dilakukan pengambilan darah untuk mengetahui profil lipid dari tikus normal dan tikus yang diinduksi hiperkolesterolemia. Diharapkan tikus yang diinduksi telah mencapai kondisi hiperkolesterolemia, yaitu kadar kolesterol darah > 142,85 mg/dl (Ihedioha *et al.*, 2013). Selanjutnya tikus dikelompokkan ke dalam enam kelompok, yaitu:

NPS : 5 ekor tikus normal, diet pakan standar

HPS : 5 ekor tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar (kontrol negatif)

HPEA : 5 ekor tikus hiperkolesterolemia, diet tepung EA

HPEB10 : 5 ekor tikus hiperkolesterolemia, diet tepung tepung EB10
HPFB : 5 ekor tikus hiperkolesterolemia, diet FBE
HPV : 5 ekor tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar +
simvastatin (kontrol positif)

Intervensi dilakukan selama 4 minggu. Makanan dan air diberikan secara *ad libitum*. Simvastatin diberikan melalui sonde sebesar 2ml/200gr dengan konsentrasi 1 ml mengandung 0,9 mg simvastatin (Katzung *et al.*, 2012).

Berat pakan dan sisa pakan dicatat setiap hari, sedangkan berat badan dan berat feses dicatat tiga hari sekali. Selama 4 minggu, tikus diambil darahnya seminggu sekali dari pembuluh mata (*retro orbital plexus*) untuk dianalisa profil lipid dan dihitung Indeks Atherogenik Plasma (IAP) (Niroumand *et al.*, 2015)

3.2.1.3. Anestesi, pembedahan, dan analisis

Setelah 4 minggu perlakuan, tikus dianestesi untuk kemudian dibedah dan diambil *caecum*nya. Digesta diambil dari *caecum* tikus, untuk kemudian dianalisa meliputi berat digesta, kadar air digesta, pH digesta (Tenorio *et al.*, 2010), kadar kolesterol digesta (Plummer, 1978), dan konsentrasi SCFA (Henningsson *et al.*, 2002).

Diagram alir pemeliharaan tikus dan pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.4 di bawah ini. Prosedur penelitian *in vivo* telah mendapatkan izin dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran UGM yang tertuang dalam Ref: KE/FK/1076/EC/2018 tanggal 11 Oktober 2018

3.2.2. Uji sifat gizi *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP

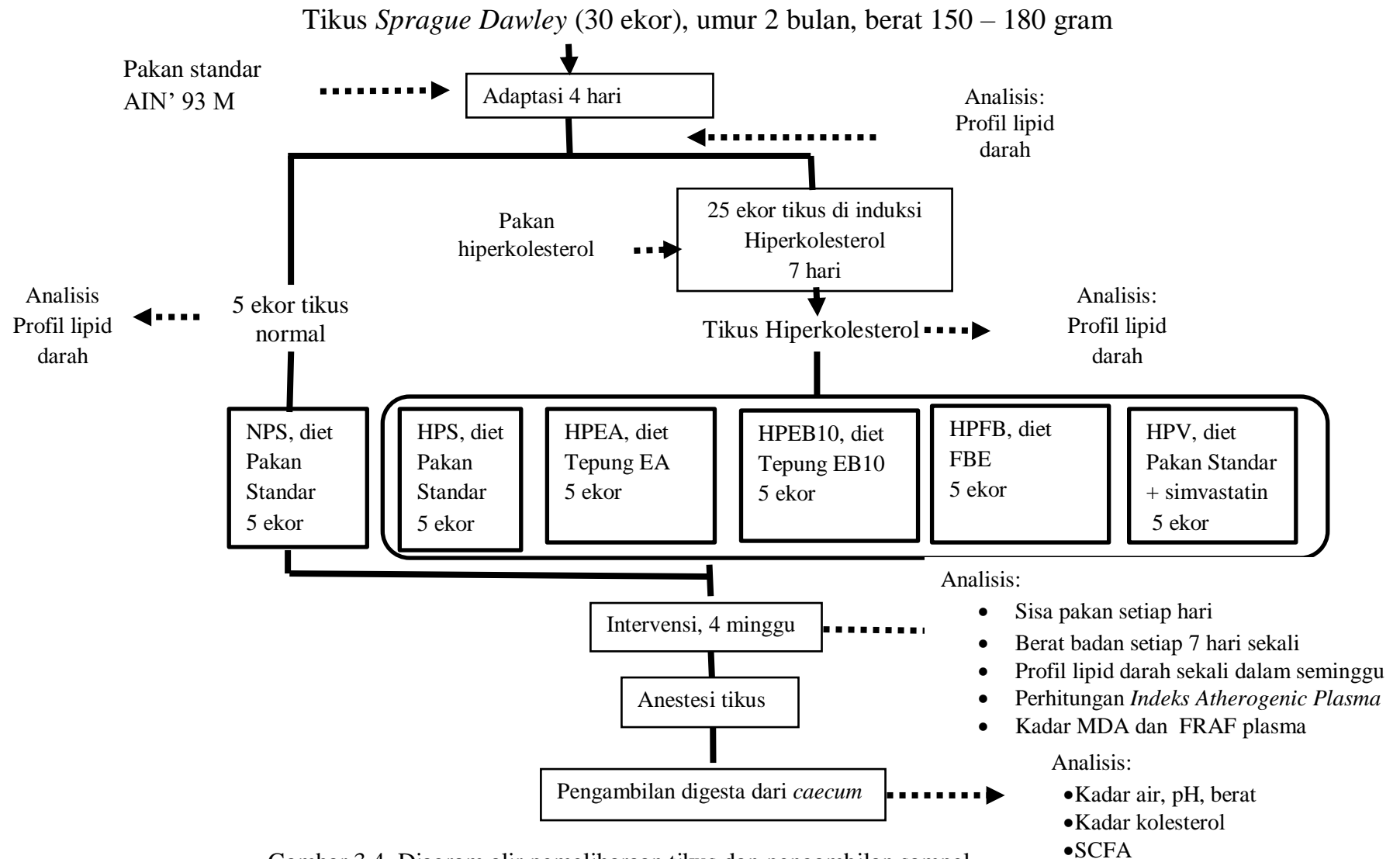
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan tepung EBP dan *food bar* dalam mengikat asam empedu (Soral *et al.* (2000)). Asam empedu yang digunakan adalah *cholic acid* sebagai asam empedu primer dan *deoxycholic acid* sebagai asam empedu sekunder. Hal ini berkaitan dengan pembuktian mekanisme hipokolesterolemik tepung EBP yang dapat meningkatkan ekskresi asam empedu dan menurunkan availabilitas kolesterol karena kemampuannya untuk mengikat empedu dan kolesterol. Pada uji ini pembanding/standar yang digunakan adalah kolestiramin yaitu, obat penurun kolesterol yang mekanisme penurunan kolesterol dengan cara mengikat asam empedu.

3.3. Rancangan percobaan

Rancangan percobaan pada efek fisiologis *in vivo* menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan pada tahap ini adalah:

- NPS : kelompok tikus normal, diet pakan standar
- HPS : kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar (Kontrol negatif)
- HPEA : kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet tepung EA
- HPEB10 : kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet tepung EB10
- HPFB : kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet FBE
- HPV : kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar + simvastatin (kontrol Positif)

Semua data dianalisis secara statistik dengan dihitung rerata \pm standar deviasi dan dilakukan analisis variansi (ANOVA) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika ada perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) (Gomes, 1995). Analisis dilakukan menggunakan SPSS 20.0



Gambar 3.4 Diagram alir pemeliharaan tikus dan pengambilan sampel

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tahap 1: Pengolahan dan karakterisasi tepung EBP dan pati ganyong

4.1.1. Komposisi kimia, warna, sifat fungsional, dan sifat *pasting* pati ganyong

Karakteristik pati ganyong sebagai bahan dasar pembuatan suatu produk sangat penting dilakukan untuk memastikan karakteristik produk yang akan dihasilkan. Karakteristik pati ganyong dalam penelitian ini meliputi komposisi kimia, warna, sifat fungsional, dan sifat *fasting* (Tabel 4.1.).

Komposisi kimia.

Kadar air pati ganyong sebesar $17,7 \pm 0,21$ (%wb). Hasil kadar air pati ganyong ini mirip dengan hasil peneliti lain, yaitu 17,95 % wb (Harmayani *et al.*, 2011). Kadar air ini belum memenuhi batas maksimum yang dipersyaratkan untuk produk pati, yaitu 14,5% pada Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 375-2009 (BSN, 2020). Kadar air pati ganyong ini juga belum memenuhi syarat yang aman simpan 14% (Shahzadi *et al.*, 2005).

Dari Tabel 4.1. kadar abu, lemak, dan protein dari pati ganyong sangat kecil sekali. Dengan demikian apabila bahan ini akan dikembangkan maka diperlukan substitusi dengan bahan lain agar ketiga komponen tersebut dapat ditingkatkan kandungannya. Pati ganyong memiliki kadar karbohidrat (*by difference*) sebesar $81,8 \pm 0,21$ %. Hasil analisis kadar karbohidrat ini lebih rendah dibandingkan penelitian lain, yaitu 99,40% (Harmayani *et al.*, 2011). Namun demikian kadar

karbohidrat pati ganyong termasuk ke dalam katagori tinggi sehingga sangat cocok untuk dimanfaatkan sebagai bahan dasar dari produk pangan.

Tabel 4.1. Komposisi Kimia, Warna, Sifat Fungsional, dan Sifat *pasting* Pati ganyong

Parameter	Satuan
Komposisi kimia	%
Kadar air (%.w.b)	17,7 ± 0,21
Abu	0,03 ± 0,00
lemak	0,29 ± 0,00
Protein	0,17 ± 0,00
Karbohidrat (<i>by difference</i>)	81,8 ± 0,21
Serat tidak larut	5,94 ± 0,41
Serat larut	1,43 ± 0,13
Total serat	7,37 ± 0,33
Pati Resisten	13,32 ± 0,64
Total fenolik (mg GAE/100 g d.b.)	0,18 ± 0,06
Aktifitas Antioksidan (% RSA DPPH)	7,24 ± 0,24
Warna	
Kecerahan/ <i>lightness</i> (L*)	89,47 ± 0,20
Kemerahan/ <i>redness</i> (a*)	4,73 ± 0,03
Kuning/ <i>yellowness</i> (b*)	2,15 ± 0,08
Perbedaan Warna/ <i>color difference</i> (ΔE)	51,77 ± 0,14
Sifat fungsional	
Kapasitas menahan air/WHC	165,56 ± 0,35
Kapasitas menahan minyak OHC	164,89 ± 1,48
Kapasitas mengembang/SC	191,99 ± 2,72
Kapasitas tukar kation/CEC (mgrek/gram)	8,60 ± 0,01
Sifat <i>pasting</i>	
Suhu gelatinisasi/ <i>pasting temperature</i> (PTemp)(°C)	75,03 ± 0,04
Waktu mencapai viskositas puncak/ <i>peak time</i> (P Time)(min)	6,77 ± 0,05
Viskositas puncak/ <i>peak viscosity</i> (PV)(cP)	1841 ± 0,59
Viskositas pada 95°C/ <i>trough viscosity</i> (TV)(cP)	838,50 ± 10,61
Viskositas breakdown/ <i>breakdown viscosity</i> (cP)	1002,50 ± 48,79
Viskositas akhir/ <i>final viscosity</i> (cP)	2064,50 ± 78,49
Viskositas balik/ <i>Set-back viscosity</i> (cP)	1226,00 ± 67,88

Keterangan: w.b.=wet basis; RSA = *radical scavenging activity*; cP = *centipoise*; min = *minute*

Pati ganyong mengandung kadar IDF, SDF, dan TDF. Secara berurutan masing-masing berkisar antara $5,94 \pm 0,41\%$, $1,43 \pm 0,13\%$, dan $7,37 \pm 0,33\%$. Kadar DF pati ganyong termasuk dalam golongan kandungan DF tinggi ($>6\%$) dan dapat digolongkan sebagai pangan sumber DF yang baik (Bureau of Nutritional Sciences, 2010).

Pati ganyong mengandung total fenolik sebesar $0,18 \pm 0,06$ mg/100 g. Kadar total fenolik pati ganyong tergolong sangat kecil apabila dibandingkan pati sagu baruk, yaitu $63,13 \mu\text{g/ml}$ (Momuat *et al.*, 2015). Untuk pengembangan pati ganyong dibutuhkan upaya substitusi agar kandungan total fenolik dapat ditingkatkan

Aktivitas AO komponen total fenolik pati ganyong sebesar $7,24 \pm 0,24\%$ RSA DPPH. Aktivitas antioksidan ini tergolong kecil apabila dibandingkan dengan aktivitas antioksidan ubi jalar ungu yaitu berkisar $56,64 \%$ dan ubi jalar ungu muda dan $59,25\%$ (Husna *et al.*, 2013). Oleh karena itu, pati ganyong perlu disubstitusi dengan bahan lain yang memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dalam pengembangan produknya.

Perubahan warna bahan pangan seperti halnya pati ganyong dapat digambarkan melalui beberapa parameter warna seperti Kecerahan/ *lightness* (L^*), Kemerahan/*redness* (a^*), Kuning/*yellowness* (b^*), Perbedaan Warna/ *color difference* (ΔE), dan Indeks Keputihan (*whiteness index*/WI). Kecerahan (L^*) pati ganyong $89,47 \pm 0,20\%$. Kecerahan pati ganyong ini lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kecerahan tepung jagung manis yang memiliki L^* sebesar $81,33 - 82,60$ (Ntau *et al.*, 2017). Namun masih lebih rendah dibandingkan

dengan tingkat kecerahan tepung terigu, yaitu 95,02% (Ginting *et al.*, 2015). Tingginya parameter kecerahan dan indeks putih pati ganyong diduga akibat perlakuan selama pengolahan seperti penggunaan panas. Perlakuan pemanasan dapat menonaktifkan enzim polifenolase yang menyebabkan terbentuknya warna coklat atau gelap (Akyildiz dan Okal., 2006).

Tingginya parameter kecerahan dan indeks putih pati ganyong diduga akibat perlakuan perendaman dalam larutan sulfit. Proses pengolahan pati ganyong yang diproduksi oleh Kelompok Petani Mekar Sari, Sendangsari, Kulonprogo, Yogyakarta menggunakan pemutih jenis Na-metabisulfit 200-500 ppm selama 30 menit sebagai bleaching agent (Ratnaningsih *et al.*, 2010). Hal ini diperkuat saat hasil observasi peneliti pada saat berkunjung pada Kelompok Tani penghasil pati ganyong ini (tidak dipublikasi). Penggunaan pemutih tetap ditempuh mengingat tepung yang mempunyai warna lebih putih dapat meningkatkan penerimaan dan penggunaan pada ingridien pangan (Castilho *et al.*, 2010).

Sifat fungsional

Sifat fungsional pati ganyong seperti kapasitas pengikatan air, pengembangan, dan pengikatan kation lebih rendah dari pada tepung kacang koro pedang putih (Rahmawati *et al.*, 2018). Peningkatan sifat fungsional tersebut diduga karena perlakuan pengolahan seperti penggunaan panas yang menyebabkan ukuran partikel DF meningkat sehingga juga meningkatkan kemampuan WHC, OHC, SC (Marsono, 2003; Benitez *et al.*, 2011).

Pati ganyong memiliki suhu gelatinisasi (*pasting temperature*) sebesar $75,03 \pm 0,04$ (°C). Suhu gelatinisasi pati ganyong ini lebih tinggi apabila dibandingkan

suhu gelatinisasi pati kacang tunggak Afrika yang berkisar antara 50,2-50,3 °C (Ashogbon dan Akintayo, 2013). Suhu gelatinisasi yang tinggi mengindikasikan pati ganyong resisten terhadap pembengkakan dan tidak mudah pecah.

Pati ganyong memiliki viskositas puncak (*peak viscosity*) sebesar $1841 \pm 0,59$ cP. Sementara viskositas breakdown (*breakdown viscosity*) pati ganyong sebesar $1002,50 \pm 48,79$ cP. Kondisi ini diduga bahwa pati ganyong kurang stabil terhadap proses pemanasan. Viskositas puncak yang tinggi diikuti penurunan viskositas *breakdown* selama fase pemanasan mengindikasikan bahwa pati ganyong kurang stabil terhadap proses pemanasan (Wijanarka, 2017)

Pati ganyong memiliki viskositas akhir (*final viscosity*) sebesar $2064,50 \pm 78,49$ cP. Viskositas akhir mengindikasikan kemampuan pati dalam membentuk pasta kental. Tingginya viskositas akhir pati ganyong menandakan pati ganyong memiliki kemampuan yang tinggi dalam membentuk pasta kental. Di samping itu, tingginya viskositas akhir pati ganyong dapat menyebabkan pati lebih resisten terhadap gaya geser sehingga dapat menghasilkan gel yang lebih kaku.

Pati ganyong memiliki viskositas balik (*Set-back viscosity*) sebesar $1226,00 \pm 67,88$ cP. Viskositas balik dimanfaatkan untuk menentukan rekristalisasi pati yang mengalami gelatinisasi selama periode pendinginan. Viskositas ini juga merefleksikan interaksi antara rantai amilosa yang terlarut selama siklus pendinginan dan keberadaan granula utuh dan atau terfragmentasi yang terdapat dalam jaringan amilosa (Ambigaipalan *et al.*, 2011). Ada korelasi positif antara nilai SV dengan kadar amilosa suatu bahan (Du *et al.*, 2014). Tingginya nilai SV pati ganyong menandakan bahwa pati ini mudah mengalami retrogradasi sehingga

dapat menghasilkan RS yang tinggi. Hasil pengukuran terhadap RS pati ganyong menunjukkan kandungan RS pati ganyong tergolong dalam katagori RS tinggi, yaitu $13,32 \pm 0,64\%$.

4.1.2. Penyiapan Tepung Empulur Batang Pisang

Penyiapan tepung EBP dilakukan dengan dua metode perlakuan pendahuluan EBP yaitu *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit. Dari dua metode perlakuan tersebut dilakukan pemilihan tepung EBP terbaik berdasarkan parameter warna, kandungan SDF, dan total fenolik. Dari hasil pemilihan didapatkan tepung *blanching* pada suhu 100 °C dengan waktu 10 menit terpilih sebagai tepung EBP terbaik mewakili metode perlakuan *blanching* dan tepung perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit terpilih sebagai tepung EBP terbaik mewakili metode perendaman. Selanjutnya terhadap kedua tepung terbaik dan tepung perlakuan alami dilakukan karakteristik warna tepung meliputi kecerahan, perbedaan warna, dan indeks keputihan (Tabel 4.2.).

4.1.2.1. Karakteristik Warna Tepung EBP *Blanching*

Hasil analisis karakteristik warna tepung EBP *blanching* menunjukkan bahwa perlakuan *blanching* berpengaruh nyata terhadap karakteristik warna tepung dan terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan *blanching* ($p < 0,05$) (Tabel 4.2.). Perlakuan *blanching* pada pengolahan tepung EBP dapat meningkatkan kecerahan (L^*) warna dengan tingkat kecerahan tepung EBP $B2 > B1 > B3 > B4$. Namun perlakuan *blanching* hanya dapat meningkatkan kecerahan sampai waktu 10 menit selanjutnya semakin lamanya waktu *blanching* justru menurunkan keceahan warna tepung EBP tepung (Tabel 4.2.).

Tabel 4.2. Karakteristik warna tepung EBP *blanching*

Karakteristik Warna	EA	EB5	EB10	EB15	EB20
Kecerahan (L*)	55,62 ± 0,94 ^d	57,46 ± 0,33 ^b	59,41 ± 0,48 ^a	56,49 ± 0,28 ^{bc}	56,29 ± 0,24 ^c
Kemerahan (a*)	6,76 ± 0,08 ^d	9,11 ± 0,20 ^a	8,16 ± 0,20 ^c	9,12 ± 0,04 ^a	8,55 ± 0,04 ^b
Warna Kuning (b*)	9,64 ± 0,15 ^e	14,29 ± 0,31 ^b	12,54 ± 0,41 ^d	14,38 ± 0,21 ^a	13,66 ± 0,04 ^c
Perbedaan Warna (ΔE)	18,24 ± 0,36 ^c	19,24 ± 0,28 ^b	21,13 ± 0,22 ^a	18,34 ± 0,07 ^c	18,33 ± 0,03 ^c
Indeks Keputihan (WI)	53,57 ± 0,42 ^c	54,21 ± 0,38 ^b	56,74 ± 0,31 ^a	53,93 ± 0,04 ^{bc}	53,8 ± 0,10 ^{bc}

Keterangan: Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$). EA: Tepung EBP alami, EB5: Tepung EBP *blanching* 5 menit, EB10: Tepung EBP *blanching* 10 menit, EB15: Tepung EBP *blanching* 15 menit, EB20: Tepung EBP *blanching* 20 menit

Suhu dan lama *blanching* dapat mempengaruhi warna produk yang dihasilkan. Suhu dan lama *blanching* yang tepat dapat menginaktivkan enzim polifenolase sehingga warna yang terbentuk semakin cerah (Jimenez dan Garcia-Carmona, 1999; Akyildiz dan Okal, 2006). Non-aktif enzim polifenolase yang dapat mengakibatkan meningkatnya nilai indeks putih atau *whiteness index* (WI) (Richana dan Sunarti, 2004). Akissoe *et al.* (2003) melaporkan peningkatan WI dikarenakan penurunan aktivitas enzim polifenolase tepung suweg yang disiapkan dengan pemanasan. Tepung yang lebih putih meningkatkan penerimaan dan penggunaan pada ingridien pangan (Castilho *et al.*, 2010).

4.1.2.2. Karakteristik warna tepung EBP perendaman dalam larutan natrium bisulfit

Perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit pada pengolahan tepung EBP dapat meningkatkan kecerahan (L*) warna dengan tingkat kecerahan tepung ER90 > ER120 > ER60 > ER30. Hal ini ditunjukkan oleh nilai kecerahan (L*) perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit lebih tinggi dibandingkan tepung EA. Namun perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit hanya dapat meningkatkan kecerahan sampai waktu 90 menit selanjutnya semakin lamanya waktu perendaman dalam larutan natrium bisulfit mulai

menurunkan kecerahan warna tepung EBP (Tabel 4.3.). Suhu dan lama perendaman dalam larutan natrium bisulfit dapat mempengaruhi warna produk yang dihasilkan. Suhu dan lama perendaman dalam larutan natrium bisulfit yang tepat dapat menghambat/mengnonaktifkan enzim polifenolase yang menyebabkan perubahan warna yaitu kecoklatan

Tabel 4.3. Karakteristik warna dari tepung perendaman larutan natrium bisulfit

Karakteristik Warna	EA	ER30	ER60	ER90	ER120
Kecerahan (L*)	55,62 ± 0,94 ^e	65,83 ± 0,09 ^d	70,39 ± 0,14 ^c	72,49 ± 0,23 ^a	71,13 ± 0,24 ^b
Kemerahan (a*)	6,76 ± 0,08 ^d	6,48 ± 0,12 ^b	7,20 ± 0,02 ^a	6,48 ± 0,02 ^b	6,30 ± 0,04 ^c
Warna Kuning (b*)	9,64 ± 0,15 ^d	13,73 ± 0,16 ^b	15,18 ± 0,01 ^a	13,05 ± 0,07 ^c	12,85 ± 0,14 ^c
Perbedaan Warna (ΔE)	18,24 ± 0,36 ^e	26,44 ± 0,13 ^d	29,26 ± 0,20 ^c	32,15 ± 0,08 ^a	30,87 ± 0,31 ^b
Indeks Keputihan (WI)	53,57 ± 0,42 ^e	62,58 ± 0,08 ^d	65,95 ± 0,11 ^c	68,87 ± 0,17 ^a	67,78 ± 0,17 ^b

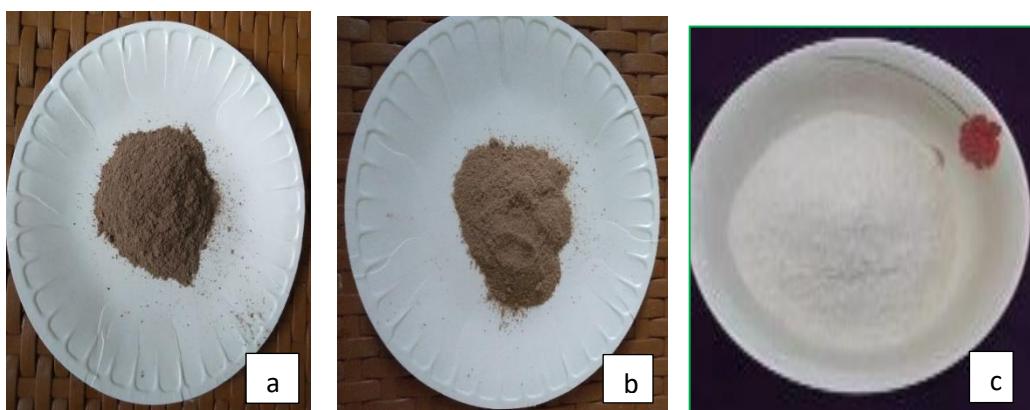
Keterangan: Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$). EA: Tepung EBP alami, ER30: Tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 30 menit, ER60: Tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 60 menit, ER90: Tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit, ER120: Tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 120 menit

4.1.2.3. Karakteristik warna tepung EBP *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit terpilih

Pemilihan warna tepung EBP terbaik dilakukan berdasarkan nilai WI. Dari analisis data WI pada proses pengolahan tepung yang mendapat perlakuan *blanching* pada suhu 100°C dengan variasi waktu 5 menit, 10 menit, 15 menit, dan 20 menit, tepung yang diolah dengan perlakuan *blanching* suhu 100°C selama 10 menit (EB10) memperoleh nilai WI paling tinggi dan terpilih sebagai tepung EBP yang mewakili proses *blanching* dan akan dianalisis lebih lanjut. Dicapainya nilai WI paling tinggi pada 10 menit diduga aktivitas enzim polifenolase atau enzim yang mengkatalis reaksi oksidasi senyawa polifenol menjadi kuinon ini mulai lambat/inaktif karena proses pemanasan. Suhu dan lama *blanching* yang

tepat dapat menginaktifkan enzim polifenolase sehingga warna yang terbentuk semakin cerah (Yoruk dan Marshall, 2003; Sousa Fernandes *et al.*, 2011).

Sementara itu, hasil analisis statistik WI pada proses pengolahan tepung melalui perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit, tepung yang diolah dengan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit (ER90) memperoleh nilai WI paling tinggi dan terpilih sebagai tepung EBP yang mewakili proses perendaman dan dianalisis lebih lanjut. Dicapainya nilai WI yang paling tinggi pada 90 menit diduga senyawa natrium bisulfit telah mampu menginaktifkan enzim folifenolase dan mencegah terjadinya proses pencoklatan non enzimatik (reaksi Maillard). Natrium bisulfit merupakan agensia multifungsi aktif mencegah pencoklatan secara enzimatik dan nonenzimatik (Raharjo *et al.*, 2002). Warna tepung EBP alami (EA), tepung terpilih metode *blanching* (EB10) dan tepung terpilih (ER90) metode perendaman dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar.4.1. Tepung EBP terpilih. a : tepung EBP alami/kontrol (EA). b : tepung EBP perlakuan *blanching* pada suhu 100 °C selama 10 menit (EB10). c : tepung EBP perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit (ER90).

4.1.3. Komposisi kimia tepung EBP alami, tepung EBP *blanching* 10 menit, dan tepung EBP perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1%, 90 menit

Komposisi kimia tepung EA, tepung EB10, dan tepung ER90 dapat dilihat pada Tabel 4.4. Secara umum komposisi kimia kadar air, kadar lemak, dan kadar karbohidrat mirip dengan publikasi tepung EBP sebelumnya, kecuali kadar abu dan kadar protein hasilnya lebih tinggi. Kadar air tepung EA, EB10, dan ER90 berbeda disajikan pada Tabel 4.4. Kadar air ketiga tepung sesuai dengan rekomendasi kadar air untuk tepung yaitu maksimal 14% (Shahzadi *et al.*, 2005). Kadar abu tepung EA, EB10, dan ER90 bervariasi (Tabel 4.4.). Tingginya kadar abu ini mengindikasikan bahwa ketiga tepung mengandung kadar mineral yang tinggi. Kadar lemak tepung EA, EB10, dan ER90 bervariasi. Kadar lemak Tepung EB10 tidak berbeda dibandingkan dengan tepung EA. Sedangkan kadar lemak tepung ER90 paling rendah dan signifikan dibanding dua tepung lainnya. Kondisi ini diduga akibat proses persiapan terutama perendaman yang cukup lama.

Tabel 4.4. Komposisi kimia tepung EBP alami (EA), tepung EBP *blanching* 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90)

Komposisi kimia (% d.b)	EA	EB10	ER90
Kadar air (% .w.b)	7,97±0,04 ^b	6,19±0,12 ^a	9,34±0,03 ^c
Abu	31,20±0,03 ^a	26,01±0,01 ^b	30,65±0,17 ^a
lemak	0,82±0,01 ^a	0,89±0,03 ^a	0,49±0,01 ^b
Protein	7,31±0,08 ^a	7,22±0,06 ^a	6,48±0,18 ^a
Karbohidrat (<i>by difference</i>)	54,30±0,55 ^a	59,69±1,89 ^a	53,04±0,30 ^a
Residu bisulfit (ppm)	-	-	37,55

Keterangan: Angka yang diikuti huruf superskrip yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan ada perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$)

Sementara itu kadar protein tepung EA, EB10, dan ER90 bervariasi dan tidak signifikan. Kadar protein tepung EA lebih tinggi dibanding dua tepung

lainnya. Kondisi ini diduga karena kehilangan (*leaching*) selama proses penyiapan, perebusan dan perendaman (Marsono, 1999). Dugaan lain perlakuan perebusan selama pemrosesan dapat melarutkan protein yang larut dalam air (Rodriguez-Ambriz *et al.*, 2008). Kadar karbohidrat (*by difference*) (% d.b.) tepung EA, EB10, dan ER90 bervariasi namun tidak signifikan. Kadar karbohidrat tertinggi diperoleh dari tepung EB10, yaitu 59,69%. Hal ini diduga karena perebusan. Kadar residu bisulfit pada tepung ER90 sebesar 37,55 ppm. Nilai ini masih dalam kategori aman karena di bawah batas yang diizinkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, yaitu 70 ppm (BPOM, 2011).

4.1.4. Kandungan serat pangan dan pati resisten

Hasil analisis IDF, SDF, dan TDF pada tepung EA, EB10, dan ER90 berbeda disajikan pada Tabel 4.5. Kandungan terendah IDF ditunjukkan oleh tepung ER 90 dan tertinggi ditunjukkan oleh EA. Proses perlakuan *blanching* pada suhu 100°C selama 10 menit pada tepung EB10 dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% pada tepung ER 90 dapat menurunkan kandungan IDF. Hasil penelitian ini mirip dengan publikasi sebelumnya yang menyatakan kandungan IDF tepung EBP 46,09 % (Azis *et al.*, 2011). Penurunan kandungan IDF pada penelitian ini diduga karena beberapa komponen penyusun IDF seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin berubah menjadi karbohidrat sederhana akibat proses perendaman atau pemasakan (Rehinan *et al.*, 2004; Elleuch *et al.*, 2011). Turunnya kandungan IDF juga dilaporkan dalam penelitian pengolahan kulit bawang bulbus dengan perlakuan panas. Turunnya IDF kulit bawang bulbus

disebabkan bagian IDF seperti asam uronat dan selulosa mengalami kerusakan atau perubahan (Benitez *et al.*, 2011).

Tabel 4.5. Kadar serat pangan dan pati resistan (%db) tepung EBP alami (EA), tepung EBP *blanching* 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90)

Komponen (% d.b)	EA	EB10	ER90
Serat tidak larut	43,7 ± 0,50 ^a	37,92 ± 0,62 ^b	36,83 ± 2,06 ^b
Serat larut	2,35 ± 0,72 ^b	5,90 ± 0,27 ^a	2,74 ± 0,36 ^b
Total serat	46,11 ± 0,57 ^a	43,82 ± 0,36 ^a	39,69 ± 2,00 ^b
Pati resisten	2,8 ± 0,08 ^c	13,13 ± 0,32 ^a	12,18 ± 0,30 ^b

Keterangan: Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Berbeda dengan kandungan IDF, kandungan rata-rata SDF pada penelitian ini mengalami peningkatan. Tabel 4.5. menunjukkan kandungan SDF tepung EB10 mengalami kenaikan sebesar 3,55% bila dibandingkan dengan SDF tepung EA. Peningkatan kadar SDF diduga karena perlakuan dengan panas mengakibatkan pecahnya ikatan glikosidik dari polisakarida sehingga dapat melepaskan oligosakarida yang menyebabkan meningkatnya SDF (Elleuch *et al.*, 2011; Johansson *et al.*, 2012)

Sementara itu, perlakuan *blanching* suhu 100°C selama 10 menit dan perendaman larutan natrium bisulfit selama 90 menit menurunkan TDF tepung EBP. Tepung EB10 yang diolah dengan perlakuan panas mengalami penurunan sebesar 2,29% dan tepung ER90 mengalami penurunan sebesar 6,42% bila dibandingkan kandungan TDF tepung EA. Penurunan kandungan TDF pada kedua tepung diduga karena turunnya kandungan IDF yang merupakan bagian dari TDF. Kandungan TDF merupakan penjumlahan IDF dan SDF. Kerusakan DF akibat proses pemanasan telah dilaporkan oleh Rehinan *et al.*, 2004

Kandungan RS (% d.b.) tepung EA, EB10, dan ER90 berbeda signifikan disajikan dalam Tabel 4.5. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan *blanching* pada suhu 100°C selama 10 menit (EB10) dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit (ER90) dapat meningkatkan kandungan RS. Hasil penelitian ini mirip dengan publikasi kadar RS tepung empulur batang pisang sebelumnya (Azis *et al.*, 2011). Peningkatan kandungan RS pada tepung EB10 diduga karena perlakuan panas (*blanching* pada suhu 100°C selama 10 menit), pengeringan pada suhu 55°C, dan pendinginan pada suhu ruang \pm 30 menit. Perlakuan panas pada bahan pangan yang diikuti pendinginan dapat menyebabkan terjadinya gelatinisasi dan retrogradasi pati (Marsono, 1998). Proses retrogradasi dapat meningkatkan kandungan RS bahan pangan (Marsono, 1999). Sementara peningkatan kandungan RS pada tepung ER90 diduga karena perlakuan perendaman dalam Larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit dan dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu 55°C. Perendaman dan pemasakan secara signifikan meningkatkan kandungan RS (Kutos, 2003). Granula pati mengalami penggelembungan saat perendaman dan mengalami gelatinisasi dan retrogradasi saat pemanasan (Derycke *et al.*, 2005)

4.1.5. Aktivitas antioksidan

Hasil analisis kadar total fenolik tepung EA, EB10 dan ER90, berbeda signifikan disajikan pada Tabel 4.6. Kadar total fenolik tertinggi 132,81% ditunjukkan oleh tepung EB10. Peningkatan kadar total fenolik pada tepung EB10 diduga akibat perebusan pada suhu 100°C selama 10 menit, seperti yang dilaporkan oleh Turkmen *et al.*, 2005, perebusan lada dapat meningkatkan kadar

total fenolik dari $1344,8 \pm 26,25$ menjadi $1538,4 \pm 78,79$ mg GAE /100 g atau mengalami peningkatan sebesar 114% (Turkmen *et al.*, 2005). Senyawa fenolik berikatan dengan komponen lain seperti polisakarida melalui ikatan hydrogen (Rahmawati *et al.*, 2018). Pujimulyani *et al.*, 2010 menjelaskan bahwa perlakuan panas dapat meningkatkan kadar total fenolik karena dapat memutuskan ikatan antara senyawa fenolik dengan polisakarida. Sementara itu, kadar total fenolik terendah ditunjukkan oleh tepung ER90 yaitu 104,10%. Perendaman dalam larutan natrium bisulfit yang cukup lama diduga melarutkan sebagian dari kadar total fenolik mengingat senyawa fenolik larut dalam air.

Kadar total fenolik dari ketiga tepung EBP yang diteliti hasilnya lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar total fenolik tepung EBP varietas lokal Malaysia yang mencapai $1245 \pm 92,34$ mg GAE/100 g d.b.) (Aziz *et al.*, 2011). Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh beberapa faktor seperti perbedaan varietas, jenis tanah, cara ekstraksi, metode analisis dan lain-lain.

Hasil analisis aktivitas antioksidan tepung EA, EB10, dan ER90 berbeda signifikan disajikan pada Tabel 4.6. Aktivitas antioksidan tepung EB10 dan ER90 mengalami peningkatan dengan nilai tertinggi ditunjukkan oleh tepung ER90 yaitu 24,39%.

Tabel 4.6. Kadar total fenolik dan aktivitas antioksidan tepung EBP alami (EA), tepung EBP *blanching* 10 menit (EB10), dan tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit (ER90)

Komponen	EA	EB10	ER90
Total fenolik (mg GAE/100 g d.b.)	121,62 ± 1,15 ^b	132,81 ± 2,14 ^a	104,10 ± 0,46 ^c
Aktivitas antioksidan (% RSA DPPH)	11,89 ± 0,27 ^c	18,04 ± 0,23 ^b	24,39 ± 1,22 ^a

Keterangan: RSA = *radical scavenging activity*; DPPH = *1,1 diphenyl -2- picrylhydrazyl*; Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Tingginya aktivitas antioksidan tepung ER90 diduga selain berasal dari kadar total fenolik tepung juga mendapatkan tambahan aktivitas antioksidan yang berasal daripada natrium bisulfit. Hal ini disebabkan natrium bisulfit dapat berperan sebagai AO (Jecfa, 2009; Utami *et al.*, 2000). Natrium bisulfit tergolong senyawa yang mudah teroksidasi seperti sulfit dapat dioksidasi menjadi sulfat sehingga semakin banyak senyawa sulfit maka diperlukan oksigen yang banyak pula untuk mengoksidasinya (Sukasih *et al.*, 2016). Dengan demikian senyawa yang akan dilindungi terhambat dari proses oksidasi. Sedangkan adanya peningkatan aktivitas antioksidan tepung EB10 dibandingkan dengan tepung EA diduga karena kadar total fenolik yang lebih tinggi. Kadar total fenolik berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidannya (Cheng *et al.*, 2013).

4.1.6. Perlakuan terbaik berdasarkan warna, kandungan serat, dan antioksidan

Penentuan perlakuan terbaik (tepung EBP) berdasarkan parameter warna, kandungan SDF, dan total fenolik disajikan pada Tabel 4.7. Berdasarkan parameter warna diperoleh urutan nilai tertinggi ke terendah masing-masing tepung adalah ER 90 > EB 10 > EA. Tingginya nilai parameter warna tepung ER

90 yaitu 90 (Tabel 4.7) karena tepung ini mempunyai indeks keputihan paling tinggi diantara dua tepung EBP lainnya sehingga memperoleh skor parameter warna yang paling tinggi, yaitu skor 3.

Namun berdasarkan penilaian terhadap dua parameter lainnya yaitu SDF dan total fenolik pada Tabel 4.7. diperoleh bahwa tepung EB10 mendapatkan skor tertinggi sehingga memperoleh nilai total yang paling tinggi. Berdasarkan total nilai yang diperoleh maka tepung EB10 dinyatakan sebagai tepung terbaik (perlakuan terbaik) sehingga akan diikutkan pada tahap penelitian selanjutnya.

Tabel 4.7. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan warna, serat pangan larut, dan total fenolik

Sampel/perlakuan	Warna (bobot 30)		Serat pangan larut (bobot 40)		Total fenolik (bobot 30)		Total nilai
	skore	nilai	skore	nilai	skore	nilai	
EA	1	30	1	40	2	60	130
EB 10	2	60	3	120	3	90	270
ER 90	3	90	2	80	1	30	200

Keterangan: Nilai = skore x bobot

EA = tepung EBP alami, EB 10 = tepung EBP *blanching* 10 menit,

ER 90 = tepung EBP perendaman larutan natrium bisulfit 90 menit

4.1.7. Sifat Fungsional Tepung EA dan EB10

Hasil analisis sifat fungsional tepung EA dan EB10, disajikan pada Tabel 4.8. Kapasitas menahan air/WHC lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh peneliti sebelumnya untuk tepung EBP sebelumnya, yaitu 1828% (Azis *et al.*, 2011).

Kenaikan WHC tepung EB10 dibandingkan tepung EA diduga akibat perebusan selama 10 menit. Azis *et al.*, 2011 menyatakan bahwa perlakuan perebusan beberapa menit dapat meningkatkan WHC tepung yang berasal dari batang semu dan batang inti dari batang pisang (Azis *et al.*, 2011).

Tabel 4.8. Sifat fungsional tepung EBP alami (EA) dan tepung EBP *blanching* 10 menit (EB10)

Sifat Fungsional	EA	EB10
Kapasitas menahan air/WHC (%)	433,16 ± 1,54 ^b	443,97 ± 0,97 ^a
Kapasitas menahan minyak/OHC (%)	300,40 ± 0,55 ^a	297,25 ± 2,44 ^a
Kapasitas mengembang/SC (%)	855,27 ± 1,90 ^b	869,14 ± 2,07 ^a
Kapasitas tukar kation/CEC (mgrek/gram)	67,24 ± 1,15 ^b	76,99 ± 1,15 ^a

Keterangan: Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Hasil analisis sifat fungsional OHC tepung EA dan EB10, dapat dilihat pada Tabel 4.8. Nilai-nilai OHC ini lebih kecil dibandingkan publikasi tepung EBP sebelumnya, yaitu 388% (Azis *et al.*, 2011). Namun lebih besar dibanding OHC tepung gayam, yaitu berkisar antara 58-71% (Wijanarka *et al.*, 2017) dan tepung koro pedang putih yang berkisar antara 106-116% (Rahmawati *et al.*, 2018). Nilai OHC tepung EB10 mengalami penurunan kapasitas sebesar 3,15% yaitu dari 300,40% menjadi 297,25% apabila dibandingkan dengan tepung EA, namun secara statistik penurunan ini tidak signifikan. Penurunan nilai OHC ini mirip dengan penelitian yang dilaporkan oleh Wijanarka *et al.*, 2017. Penurunan kapasitas OHC pada tepung EB10 diduga karena lebih rendahnya kandungan protein sehingga rantai hidrofobik tepung EB10 juga lebih rendah. Rantai hidrofobik protein dapat berintegrasi dengan rantai hidrokarbon lipid (Eltayeb *et al.*, 2011).

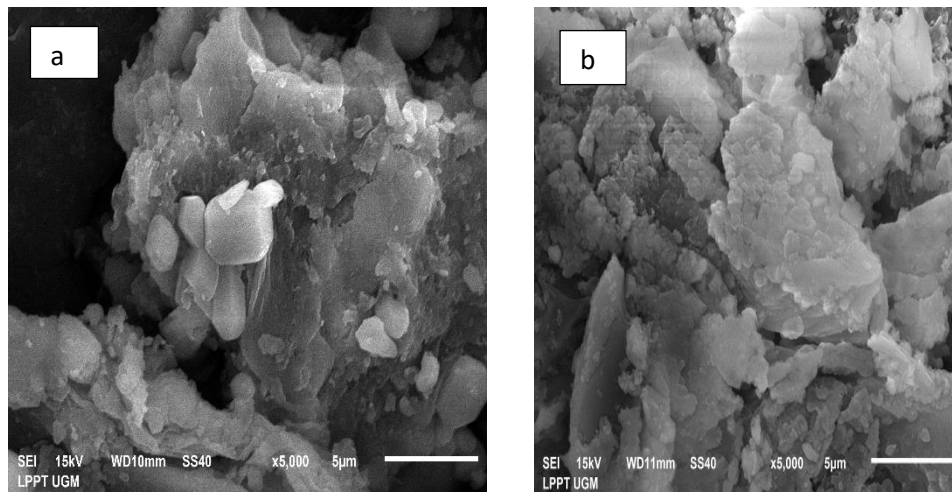
Hasil analisis SC tepung EA dan EB10 dapat dilihat pada tabel 4.8. Nilai SC kedua tepung ini lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai SC empulur sebelumnya, yaitu 1382% (Azis *et al.*, 2011). Namun lebih tinggi apabila dibandingkan dengan tepung gayam pre gelatinisasi, yaitu 416% (Wijanarka *et al.*,

2017). Kenaikan kapasitas SC sebesar 13,44% pada tepung EB10 diduga karena perebusan. Perlakuan panas dapat memperbesar ukuran partikel DF sehingga dapat meningkatkan kapasitas SC (Rahmawati *et al.*, 2018). Sifat hidrasi DF (kapasitas menahan air dan kapasitas pembengkakan) dipengaruhi oleh ukuran partikel, porositas dan kepadatan DF (Benitez *et al.*, 2011). Selain itu, perlakuan panas juga menyebabkan terputusnya amylase selama gelatinisasi pati sehingga kemampuan SC pati juga meningkat (Bello-Farez *et al.*, 1999).

Hasil analisis CEC tepung EA dan EB10 berbeda signifikan (Tabel 4.8). Nilai CEC lebih rendah bila dibandingkan dengan CEC tepung karo pedang putih yang mendapat perlakuan *autoclaving-cooling*, yaitu 85 meg/g namun lebih tinggi bila dibandingkan dengan tepung koro pedang putih alami, yaitu 29 meg/g (Rahmawati *et al.*, 2018). Peningkatan kapasitas kation tepung EB10 sebesar 9,75 meg/g bila dibandingkan tepung EA diduga karena perlakuan perebusan dapat meningkatkan jumlah polisakarida asam dengan gugus COOH bebas seperti pektin dan lignin yang dapat mengikat mineral misalnya Fe (Marsono, 2004). Gugus karboksil dan asam uronat pada residu gula komponen penyusun serat mampu bertukar dengan kation disekitarnya (Schneeman, 1985).

4.1.8. Gambar Mikroskop Tepung EA dan EB10

Struktur mikroskopis tepung EA dan EB10 disajikan pada Gambar 4.2. Struktur mikroskopis tepung EB10 lebih berpori dan *hollower* apabila dibandingkan dengan struktur mikroskopis tepung EA.



Gambar.4.2. Scan elektron struktur mikroskopis tepung empulur batang pisang (a) empulur batang pisang alami (EA) (b) empulur batang pisang *blanching* (EB 10)

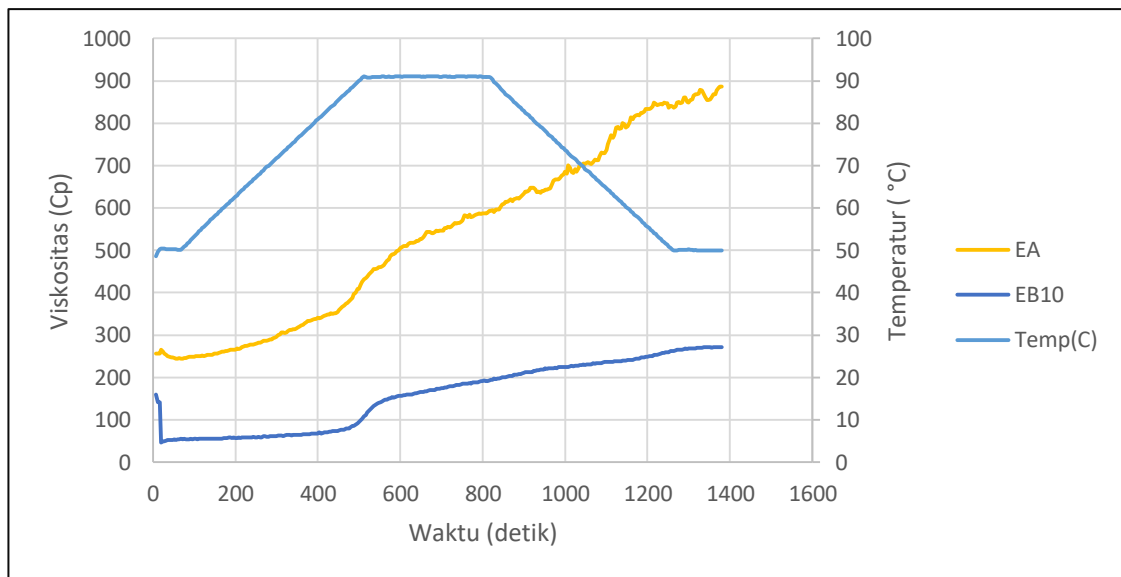
Perubahan struktur ini diduga meningkatkan kemampuan tepung EB10 dalam mengikat lebih banyak air (WHC), minyak (OHC), kation, dan meningkatkan kapasitas mengembang (SC). Poliakarida yang diberi perlakuan panas yang tinggi dapat mengakibatkan strukturnya berubah seperti lebih berpori dan *hollower* sehingga dapat meningkatkan kapasitas WHC, OHC, dan SC (Al-Sheraji *et al.*, 2013). Peneliti lain melaporkan bahwa granula pati tepung gayam yang memperoleh perlakuan panas menghasilkan permukaan yang kasar dan ukuran yang heterogen dibandingkan granula pati tepung gayam alami (Wijanarka *et al.*, 2016).

Gambar SEM pada tepung EA dan tepung EB10 menunjukkan struktur jaringan yang sama yaitu seperti bongkahan kristal es. Namun jika dilihat lebih teliti pada bongkahan tepung EA terdapat kristal-kristal kecil yang bentuk dan ukurannya tidak beraturan, serta dapat dilihat dengan jelas menempel pada

bongkahan yang besar. Sementara pada tepung EB10 kristal-kristal kecil ini semakin berkurang, bentuk semakin tidak beraturan, dan tidak dapat terlihat dengan jelas. Kondisi ini diduga karena pada tepung EB10 mengalami perlakuan pemanasan pada suhu yang cukup tinggi sehingga dapat merusak jaringan pada tepungnya. Perlakuan pemanasan yang diikuti pendinginan dapat menyebabkan proses retrogradasi. Retrogradasi rantai amilosa yang lebih banyak, mengakibatkan reorganisasi struktur pati menjadi kompleks heliks. Ini meningkatkan kepadatan struktur kristal sangat meningkatkan ketahanannya terhadap serangan enzim (Zhang dan Jin, 2011).

4.1.9. Sifat *pasting* Tepung EA dan EB10

Sifat *pasting* tepung EBP alami (EA) dan tepung EBP *blanching* 10 menit ditunjukkan pada Gambar 4.3. Perlakuan *blanching* mempengaruhi sifat *pasting* tepung EBP. Secara umum parameter RVA tepung EBP *blanching* lebih rendah dibandingkan tepung EBP alami. Sifat *pasting* hasil penelitian ini mempunyai kesamaan dengan perlakuan pemanasan pada suhu pre-gelatinisasi terhadap tepung gayam (Wijanarka *et al.*, 2016). Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa sifat *pasting* tepung EA mempunyai kemiripan pola dengan sifat *pasting* tepung EB10.



Gambar 4.3. Sifat *pasting* tepung EBP alami (EA) dan tepung *blanching* 10 menit (EB10).

Dari gambar 4.3. kedua tepung cenderung menunjukkan kenaikan viskositas yang landai sehingga suhu *pasting* keduanya tidak terdeteksi. Fenomena seperti ini juga dijumpai pada beberapa penelitian lain (Jagannadham *et al.*, 2016; Ratnaningsih, 2016). Namun penyebab lain sampel tepung yang dianalisis tergolong jenis bahan yang sulit mengalami gelatinisasi karena hadirnya beberapa komponen lain seperti protein, lemak, dan DF (Wijanarka *et al.*, 2016).

Perlakuan pemanasan menyebabkan peningkatan *peak time* tepung EB10 meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan *peak time* tepung EA, hal ini mengindikasikan pemanasan menyebabkan pembentukan kristalit yang lebih rapat sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk gelatinisasi (Ratnaningsih *et al.*, 2016). Secara rinci data-data sifat *pasting* tepung EA dan tepung EB 10 disajikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Sifat *pasting* tepung EBP alami (EA) dan tepung EBP dengan perlakuan *blanching* pada suhu 100°C selama 10 menit (EB10)

Sifat <i>pasting</i>	Perlakuan	
	EA	EB10
<i>Suhu pasting</i> (°C)	TD	TD
<i>Peak time</i> (min)	12,77 ± 0,65 ^a	12,88 ± 0,11 ^a
<i>Peak viscosity</i> (cP)	608,67 ± 22,48 ^a	195,33 ± 7,77 ^b
<i>Through viscosity</i> (cP)	608,33 ± 22,37 ^a	195,67 ± 7,51 ^b
<i>Break down viscosity</i> (cP)	0,67 ± 0,58 ^a	0 ± 0,00 ^b
<i>Final viscosity</i> (cP)	889,33 ± 21,59 ^a	277,33 ± 5,03 ^b
<i>Set-back viscosity</i> (cP)	314 ± 12,12 ^a	88,33 ± 4,04 ^b

Keterangan: TD = tidak terdeteksi. cP = *centipoise*. Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada baris yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$).

4.2. Tahap II. Pengolahan dan karakterisasi *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan

4.2.1 Komposisi kimia *food bar* pati ganyong - EBP

Hasil analisis sidik ragam komposisi kimia *food bar* pati ganyong - EBP menunjukkan bahwa kelompok perlakuan mempengaruhi komposisi kima secara signifikansi pada $p < 0,05$. Hasil uji beda antar kelompok perlakuan memperlihatkan bahwa ada perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan (Tabel 4.10.). Kadar air dan karbohidrat *food bar* cenderung menurun dengan meningkatnya proporsi tepung EBP. Hal ini disebabkan kadar air dan karbohidrat pati ganyong lebih tinggi dibandingkan kadar air tepung EBP.

Di samping itu proporsi pati ganyong dari enam *food bar* lebih besar dibandingkan tepung EBP. Pati ganyong dapat meningkatkan kandungan pati *food bar* yang berperan sebagai agen pengikat air sehingga kandungan air *food bar* juga meningkat. Molekul pati memiliki gugus hidroksil yang sangat besar sehingga kemampuan mengikat air juga besar (Ladamay dan Yuwono, 2014). Semakin rendahnya kandungan karbohidrat *food bar* dengan bertambahnya

tepung EBP mengindikasikan bahwa substitusi tepung EBP pada bahan pangan berpati tinggi dapat menghasilkan *food bar* rendah karbohidrat.

Kadar abu, lemak, dan protein keenam *food bar* cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung EBP. Hal ini diduga karena tepung EBP yang ditambahkan memiliki kandungan kadar abu, lemak, dan protein yang lebih tinggi dibandingkan dengan pati ganyong. Kadar abu mengindikasikan kadar mineral suatu bahan (Sudarmadji *et al.*, 1989).

Berdasarkan standar internasional *food bar* atau lazim disebut *Granola Bars* (*Branded*, 539455) disyaratkan per 100 gr mengandung gizi seperti protein 4,17 %, lemak 10,42 %, karbohidrat 75,00 % (USDA, 2019). Mengacu ke standar tersebut, *food bar* berbasis pati ganyong yang disubstitusi dengan tepung EBP telah memenuhi kandungan gizi berupa lemak dan karbohidrat namun belum memenuhi kandungan protein.

Tabel 4.10. Komposisi kimia (proksimat) *food bar* pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP

Proporsi pati ganyong : tepung EBP	Komposisi kimia (% d.b)				
	Kadar air(% .w.b)	Kadar abu	Lemak	Protein	Karbohidrat (<i>by difference</i>)
100 : 0	8,34 ± 0,05 ^f	0,43 ± 0,00 ^a	9,89 ± 0,02 ^a	1,15 ± 0,00 ^a	80,19 ± 0,05 ^d
95 : 5	8,18 ± 0,03 ^e	0,97 ± 0,01 ^b	10,20 ± 0,04 ^b	1,21 ± 0,00 ^b	79,52±0,07 ^d
90 : 10	7,88 ± 0,09 ^d	1,92 ± 0,02 ^c	10,52 ± 0,01 ^c	1,44 ± 0,00 ^c	78,24±0,11 ^c
85 : 15	6,95 ± 0,05 ^c	2,68 ± 0,01 ^d	10,93 ± 0,00 ^d	1,50 ± 0,00 ^d	77,95±0,46 ^c
80 : 20	6,60 ± 0,29 ^b	2,96 ± 0,02 ^e	12,03 ± 0,07 ^e	1,56 ± 0,01 ^e	76,85±0,46 ^b
75 : 25	5,62 ± 0,03 ^a	3,89 ± 0,00 ^f	14,27 ± 0,01 ^f	2,02 ± 0,05 ^f	74,19 ± 0,47 ^a

Keterangan: EBP = Empulur batang pisang; Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan (p<0,05)

4.2.2. Kandungan serat pangan dan pati resisten

Hasil analisis sidik ragam kandungan DF dan RS menunjukkan bahwa proporsi pati ganyong dan tepung EBP mempengaruhi kandungan DF dan RS FBE secara signifikansi pada $p < 0,05$. Hasil uji beda antar kelompok perlakuan memperlihatkan bahwa ada perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan (Tabel 4.11.). Kadar IDF, SDF, dan TDF *food bar* cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung EBP. Hal ini disebabkan kadar IDF, SDF, dan TDF tepung EBP lebih besar dibandingkan pati ganyong. Berdasarkan kandungan DF, pangan dapat dikelompokkan menjadi pangan sumber serat dan pangan tinggi serat. Pangan sumber serat adalah pangan yang mengandung DF tidak kurang dari 3g/100g. Pangan tinggi serat merupakan pangan yang mengandung DF tidak kurang dari 6g/100g (BPOM, 2011). Berdasarkan definisi ini maka *food bar* pati ganyong – EBP pada Tabel 4.11 dapat digolongkan dalam pangan sumber serat yaitu *food bar* pati ganyong – EBP yang diolah dengan proporsi pati ganyong dengan tepung EBP 95:5. Sementara itu, *food bar* pati ganyong – EBP yang diolah dengan proporsi pati ganyong dengan tepung EBP 95:10, 95:15, 95:20, dan 95:25 tergolong dalam pangan tinggi serat. Tingginya DF dalam *food bar* pati ganyong – EBP berasal dari substitusi tepung EBP karena tepung EBP mengandung DF yang tinggi, yaitu $43,82 \pm 0,36$ % d.b (Tabel 4.5). *Food bar* yang mengandung DF tinggi dapat dijadikan pangan alternatif untuk mengatasi kondisi dislipidemia karena DF terutama SDF telah dilaporkan dapat memperbaiki profil lipid seperti menurunkan total kolesterol dan kolesterol LDL (Marsono, 2004; Galisteo *et al.*, 2008; Erukainure *et al.*, 2012).

Tabel 4.11. Kadar serat pangan dan pati resisten *food bar* pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP

Proporsi pati ganyong: tepung EBP	Kadar (% d.b)			
	Serat tidak larut	Serat larut	Total serat	Pati resisten
100 : 0	2,77 ± 0,04 ^a	0,00 ± 0,02 ^a	2,77 ± 0,05 ^a	3,65 ± 0,27 ^a
95 : 5	3,05 ± 0,04 ^b	0,21 ± 0,02 ^b	3,26 ± 0,04 ^b	4,60 ± 0,19 ^b
90 : 10	5,90 ± 0,17 ^c	0,61 ± 0,07 ^c	6,51 ± 0,23 ^c	5,45 ± 0,20 ^c
85 : 15	6,75 ± 0,14 ^d	0,83 ± 0,07 ^d	7,58 ± 0,13 ^d	6,54 ± 0,24 ^d
80 : 20	7,54 ± 0,08 ^e	0,85 ± 0,02 ^d	8,09 ± 0,07 ^e	7,44 ± 0,18 ^e
75 : 25	8,04 ± 0,06 ^f	0,99 ± 0,04 ^e	9,04 ± 0,07 ^f	8,47 ± 0,41 ^f

Keterangan: EBP = Empulur batang pisang; Notasi superskrip yang berbeda dibelakang nilai rata-rata standar deviasi pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Kadar RS (% d.b.) *food bar* pati ganyong - EBP berbeda signifikan disajikan dalam Tabel 4.11. Kadar RS *food bar* cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung EBP. Hal ini disebabkan kandungan RS tepung EBP yang ditambahkan lebih tinggi. RS memiliki efek fisiologis dapat memperbaiki kondisi dislipidemia dengan cara menurunkan kadar kolesterol, mengikat empedu, bersifat laksatif, dan meningkatkan SCFA (Cummings *et al.*, 1992; Marsono, 1998; Nugent, 2005).

4.2.3. Aktivitas antioksidan *food bars* pati ganyong – EBP

Hasil analisis sidik ragam komponen total fenolik dan aktivitas antioksidan *food bar* pati ganyong - EBP menunjukkan bahwa kelompok perlakuan mempengaruhi komponen total fenolik dan aktivitas antioksidan secara signifikansi pada $p < 0,05$. Hasil uji beda antar kelompok perlakuan memperlihatkan bahwa ada perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan (Tabel 4.12.). Kadar total fenolik *food bar* cenderung meningkat dengan

meningkatnya proporsi tepung EBP. Hal ini disebabkan kadar total fenolik tepung EBP lebih besar dibandingkan pati ganyong.

Tabel 4.12. Komponen total fenolik dan aktivitas antioksidan *food bars* pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP

Proporsi pati ganyong : tepung EBP	Komposisi kimia	
	komponen total fenolik (mg GAE/100 g d.b.)	Aktivitas antioksidan (% RSA DPPH)
100 : 0	62,74 ± 0,45 ^a	2,99 ± 0,00 ^a
95 : 5	73,34 ± 0,35 ^b	4,48 ± 0,00 ^b
90 : 10	101,85 ± 0,92 ^c	5,97 ± 0,00 ^c
85 : 15	105,75 ± 0,64 ^d	6,97 ± 0,77 ^d
80 : 20	117,60 ± 0,95 ^e	7,96 ± 0,77 ^e
75 : 25	123,19 ± 0,71 ^f	11,44 ± 0,77 ^f

Keterangan: EBP = Empulur batang pisang; RSA = *radical scavenging activity*; DPPH = *1,1 diphenyl -2- picrylhydrazyl*; Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Aktivitas antioksidan *food bar* cenderung meningkat dengan meningkatnya proporsi tepung EBP. Peningkatan aktivitas antioksidan *food bar* cenderung berbanding lurus dengan peningkatan komponen total fenolik. Aktivitas antioksidan suatu bahan pangan berkorelasi positif dengan kandungan total fenoliknya (Wettasinghe dan Shahidi, 2000; Cheng *et al.*, 2013). Komponen AO polifenol seperti flavans, anthocyanin, quercetin, myricetin, dan kaempferol, dapat menurunkan lipid plasma seperti trigliserida dan LDL plasma (Zern and Fernandes, 2002; Marsono, 2005; Qin *et al.*, 2009; Sáyago-Ayerdi *et al.*, 2014).

4.2.4. Mutu sensoris *food bars* pati ganyong – EBP

Hasil analisis sidik ragam mutu sensoris *food bar* pati ganyong - EBP menunjukkan bahwa kelompok perlakuan mempengaruhi mutu sensoris *food bar* pati ganyong - EBP secara signifikansi ($p < 0,05$). Hasil uji beda antar kelompok perlakuan memperlihatkan bahwa ada perbedaan yang bermakna antar kelompok perlakuan (Tabel 4.13.). *Food bar* yang berasal dari perlakuan pati ganyong

berbanding tepung EBP 90:10 dan 85:15 memiliki skor warna tertinggi yaitu $3,16 \pm 0,11$ dan $3,12 \pm 0,08$ atau tingkat kesukaan netral. Secara statistik skor kesukaan kedua *food bar* tidak berbeda nyata. Dari hasil analisis diperoleh bahwa penambahan konsentrasi 10 dan 15 tepung EBP pada formula *food bar* menghasilkan warna *food bar* tersebut memperoleh respon kesukaan terhadap warna tertinggi oleh panelis. Namun peningkatan konsentrasi tepung EBP di atas konsentrasi tersebut menyebabkan tingkat kesukaan panelis menurun terhadap atribut warna

Tabel 4.13. Hasil uji kesukaan *food bars* pada berbagai proporsi pati ganyong : tepung EBP

Proporsi pati ganyong: tepung EBP	Nilai rata-rata			
	Warna	Aroma	Rasa	Tekstur
100 : 0	$2,8 \pm 0,04^c$	$2,96 \pm 0,14^{cd}$	$2,68 \pm 0,08^b$	$2,08 \pm 0,24^a$
95 : 5	$2,48 \pm 0,14^a$	$2,68 \pm 0,21^b$	$2,72 \pm 0,16^b$	$2,64 \pm 0,23^b$
90 : 10	$3,16 \pm 0,11^d$	$2,92 \pm 0,18^c$	$3,00 \pm 0,06^c$	$2,76 \pm 0,10^c$
85 : 15	$3,12 \pm 0,08^d$	$3,00 \pm 0,06^d$	$3,04 \pm 0,18^c$	$3,16 \pm 0,12^d$
80 : 20	$2,72 \pm 0,07^c$	$2,60 \pm 0,09^b$	$2,36 \pm 0,03^a$	$3,16 \pm 0,10^d$
75 : 25	$2,52 \pm 0,09^b$	$2,52 \pm 0,07^a$	$2,32 \pm 0,12^a$	$2,6 \pm 0,4^b$

Keterangan: EBP = Empulur batang pisang. Notasi superskrip yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$); Skala *hedonic* : 1. sangat tidak suka 2. tidak suka 3. netral 4. suka 5. sangat suka

Fenomena yang sama juga ditunjukkan oleh atribut aroma. *Food bar* yang berasal dari perlakuan pati ganyong yang disubstitusi tepung EBP dengan perbandingan 85:15 dan 100: 0 memperoleh skor aroma tertinggi, yaitu $3,00 \pm 0,06$ dan $2,96 \pm 0,14$ atau tingkat kesukaan netral. Secara statistik skor kesukaan kedua *food bar* tidak berbeda nyata. Konsentrasi 15 tepung EBP pada *food bar* menyebabkan *food bar* memperoleh respon kesukaan terhadap aroma yang paling tinggi dan respon tersebut berkurang dengan berkurang atau meningkatnya

konsentrasi tepung EBP. Selama proses pengolahan *food bar* diduga terjadinya reaksi kimia yang menghasilkan aroma tertentu (Ladamay dan Yuwono, 2014). Salah satu aroma yang terbentuk saat pengolahan yaitu furaneol yang terbentuk karena reaksi *mailard* (Makfoeld *et al.*, 2002).

Sementara itu, fenomena berbeda ditunjukkan oleh tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa dan tekstur *food bar*. *Food bar* yang mendapat respon kesukaan panelis tertinggi terhadap atribut rasa yaitu $3,00 \pm 0,06$ dan $3,04 \pm 0,18$ atau tingkat kesukaan netral adalah *food bar* yang diolah dengan proporsi pati ganyong dan tepung EBP 90:10 dan 85:15. Secara statistik skor kesukaan atribut rasa kedua *food bar* tersebut tidak berbeda nyata. Semakin besar konsentersasi tepung EBP dalam *food bar* dapat meningkatkan respon kesukaan sampai batas optimal selanjutnya peningkatan konsentersasi tepung EBP dapat menurunkan tingkat kesukaan. Turunnya tingkat kesukaan terhadap atribut rasa dengan bertambahnya konsentersasi tepung EBP dalam *food bar* diduga terkait dengan komponen serat yang tinggi pada tepung EBP. Selanjutnya, *food bar* yang mendapat respon kesukaan panelis tertinggi terhadap atribut tekstur, yaitu $3,16 \pm 0,12$ dan $3,16 \pm 0,10$ atau tingkat kesukaan netral adalah *food bar* yang diolah dengan proporsi pati ganyong dan tepung EBP 85:15 dan 80:20. Secara statistik skor kesukaan atribut tekstur kedua *food bar* tidak berbeda nyata. Semakin tinggi konsentrasi tepung EBP dalam *food bar* dapat meningkatkan respon kesukaan sampai batas optimal selanjutnya penambahan konsentersasi tepung EBP dapat menurunkan tingkat kesukaan terhadap atribut tekstur. Kondisi ini diduga terkait dengan semakin besarnya kandungan DF dalam *food bar*. Peningkatan proporsi

DF *carboxy methyl cellulose* (CMC) telah dilaporkan dapat meningkatkan daya patah/tekstur *food bar* berbahan tepung tapioka dan tepung kacang hijau (Ladamay dan Yuwono, 2014).

Komponen IDF dilaporkan dapat mempengaruhi kekerasan produk pangan (Santala *et al.*, 2014 dalam Yan, 2015). Namun demikian peningkatan konsentration bahan yang mengandung DF tinggi seperti tepung ampas tahu dengan kandungan DF sebesar 50,35% dilaporkan menghasilkan *snack bar* bertekstur kasar dan beremah yang kurang disukai panelis (Rachmayani *et al.*, 2017). IDF telah dilaporkan dapat mengurangi penerimaan panelis terhadap sifat sensorinya (Robin *et al.*, 2012) karena menghasilkan tekstur produk yang keras. Hal ini diduga terkait peranan IDF yang dapat menyebabkan rendahnya kadar air bebas dalam produk.

4.2.5. Pemilihan *food bars* pati ganyong – EBP terbaik

Prinsip penentuan *food bar* terbaik berdasarkan pemilihan parameter pengamatan yang sesuai prioritas penelitian yang selanjutnya ditentukan bobot, nilai terjelek, dan nilai terbaik (De garmo, 1984; Diniayah *et al.*, 2012). Parameter pengamatan yang digunakan untuk memilih *food bar* adalah uji kesukaan (parameter warna, aroma, rasa, dan tekstur), kandungan SDF, dan senyawa total fenolik. Pemilihan ketiga parameter ini erat kaitannya dengan tujuan penelitian untuk menghasilkan *food bar* pati ganyong - EBP antidislipidemia yang disukai oleh konsumen. Selanjutnya ketiga parameter ditentukan skore dan bobotnya (Tabel 4.14). Skore yang digunakan terdiri dari tiga angka yaitu angka 1 (skore terendah), angka 2 (skore sedang), angka 3 (skore tertinggi). Selanjutnya, ketiga parameter

juga ditentukan bobotnya berdasarkan pentingnya peran parameter dalam pemilihan. Bobot nilai untuk uji kesukaan sebesar 40% sedangkan SDF 30% dan komponen total fenolik diberi bobot nilai sebesar 30%. Bobot uji kesukaan diberi bobot paling tinggi dibandingkan kedua parameter lainnya karena kesukaan terhadap produk merupakan faktor paling utama konsumen dalam mengonsumsi produk pangan.

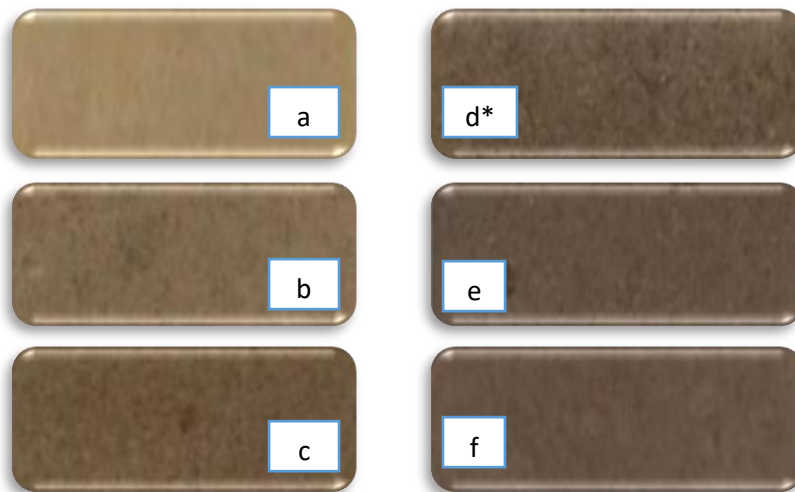
Hasil pemilihan didapatkan *food bar* terbaik yaitu *food bar* dengan perlakuan pati ganyong berbanding tepung EBP 85:15 (FBE) (Gambar 4.4). *Food bar* ini memiliki nilai tertinggi dibanding lima *food bar* lainnya.

Tabel 4.14. Penentuan perlakuan terbaik berdasarkan uji hedonik, serat pangan larut, dan total fenolik

Sampel/perlakuan	Uji hedonik (bobot 40)		Serat pangan larut (bobot 30)		Total fenolik (bobot 30)		Total nilai
	skore	nilai	skore	nilai	skore	nilai	
100 : 0	1	40	1	30	1	30	100
95 : 5	2	80	1	30	1	30	140
90 : 10	2	80	1	30	2	60	170
85 : 15*	3	120	2	60	2	60	240
80 : 20	2	80	2	60	2	60	200
75 : 25	1	40	3	90	3	90	220

Keterangan: Nilai = skore x bobot, * terbaik

Food bar terbaik memiliki karakteristik warna dengan kecerahan (L^*) sebesar $52,52 \pm 0,60$ dan tingkat kekerasan sebesar $5,08 \pm 1,95$ (Tabel 4.15.). Apabila dibandingkan dengan *food bar* kontrol Soyjoy, FBE memiliki tingkat kecerahan yang lebih tinggi. Hal ini diduga karena tingkat kecerahan bahan baku FBE lebih tinggi dibanding *food bar* kontrol soyjoy namun memiliki tingkat kekerasan yang lebih rendah dibandingkan *food bar* kontrol yaitu $8,96 \pm 2,80$.



Keterangan:

a = proporsi pati ganyong : tepung EBP 100:0

b = proporsi pati ganyong : tepung EBP 95:5

c = proporsi pati ganyong : tepung EBP 90:10

d = proporsi pati ganyong : tepung EBP 85:15

e = proporsi pati ganyong : tepung EBP 80:20

f = proporsi pati ganyong : tepung EBP 75:25

* = *food bar* terbaik

Gambar.4.4. *Food bar* pati ganyong – EBP

Tekstur makanan ditentukan oleh kadar air, lemak, karbohidrat, dan protein penyusunnya (Fellows, 2009). Serat tidak larut juga mempengaruhi kekerasan produk, semakin banyak IDF maka penampakannya akan semakin keras dan kasar (Santala *et al.*, 2014 dalam Yan 2015). Serat mampu mengikat air dalam jumlah besar, pada saat pemanasan akan memerangkap komponen lain sehingga tekstur produk menjadi kompak. Pembentukan tekstur produk pangan dipengaruhi oleh metode pengolahan, macam produk yang digunakan, dan bahan-bahan yang ditambahkan (Kramlich, 1971). Secara lengkap kandungan gizi FBE dan kontrol disajikan dalam Table 4.15.

Tabel 4.15. Parameter kimia dan fisik serta sensoris *food bar* pati ganyong - EBP

Parameter	<i>Food bar</i>	Kontrol (Soyjoy)
Kimia:		
Takaran saji (g/sajian)	30	30
Total Energi (kkal)/sajian	416,17	433,33 ^a
Kadar air (% w.b.)	6,95 ± 0,05	-
Kadar abu (% d.b.)	2,68 ± 0,01	-
Kadar protein (% d.b.)	1,50 ± 0,00	13,33 ^a
Kadar lemak (% d.b.)	10,93 ± 0,00	15 ^a
Kadar karbohidrat (% d.b.)	77,95±0,46	63,33 ^a
Kadar TDF (% d.b.)	7,58 ± 0,13**	-
Serat larut (% d.b.)	0,83 ± 0,07	10 ^a
IDF (% d.b.)	6,75 ± 0,14	-
RS ((% d.b.)	6,54 ± 0,24	-
Senyawa total fenolik (mg GAE/100 g d.b.)	105,75 ± 0,64	46,66 ^b
Aktivitas antioksidan (% RSA DPPH)	6,97 ± 0,77	-
Fisik :		
Kecerahan (L*)	52,52 ± 0,60	47,92 ± 6,75
Kemerahan (a*)	9,08 ± 0,15	13,44 ± 2,61
Kekuningan (b*)	17,03 ± 0,28	28,68 ± 4,67
Daya Patah (N)	5,08 ± 1,95	8,96 ± 2,80
Sensoris :		
Warna	3,12 ± 0,08	4,49 ± 0,16
Aroma	3,00 ± 0,06	4,41 ± 0,14
Rasa	3,04 ± 0,18	4,44 ± 0,08
Tekstur	3,16 ± 0,12	3,92 ± 0,18

Keterangan: w.b. = *wet basis*; d.b. = *dry basis*; a = Informasi Nilai Gizi “Soyjoy” pada kemasan, b = Isoflavon ; **Menurut Peraturan Kepala BPOM tahun 2011, *food bars* tersebut memenuhi kriteria kandungan gizinya sebagai pangan olahan tinggi serat, kebutuhan rata-rata serat adalah 30 g/orang/hari (BPOM, 2016); takaran saji @ 30 gram mengandung 4,26 gram total serat maka untuk memenuhi kebutuhan harian serat maka perlu konsumsi 7 buah *food bars* pati ganyong- EBP

4.3. Tahap III. Uji sifat gizi *in vivo* dan *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP

4.3.1. Konsumsi pakan dan perubahan berat badan tikus percobaan

Konsumsi pakan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel 4.16. Konsumsi pakan tikus cenderung meningkat selama periode intervensi.

Tabel 4.16. Konsumsi pakan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Rata-rata (g/hari)		Δ (%)	T-test (<i>p-value</i>)
	Awal	Akhir		
NPS	13,00	13,20	0,2(1,54)	$p > 0,05$
HPS	11,60	12,60	1(8,62)	$p > 0,05$
HPEA	11,80	13,60	1,8(15,25)	$p > 0,05$
HPEB10	12,60	13,40	0,8(6,35)	$p > 0,05$
HPFB	13,80	14,20	0,4(2,90)	$p > 0,05$
HPV	12,60	13,60	1(7,94)	$p > 0,05$

Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p > 0.05$ menunjukkan tidak adanya perbedaan rata-rata konsumsi pakan sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.

Jumlah kenaikan konsumsi pakan tikus (Δ) pada kelompok HPEB10 dan HPFB masing-masing 6,35% dan 2,90%. Kondisi ini diduga karena diet pakan untuk tikus normal dan hiperkolesterol merupakan diet pakan standar yang tetap memenuhi kriteria pakan tikus sehingga disukai oleh setiap kelompok tikus.

Rata-rata berat badan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel. 4.17. Tabel ini menunjukkan bahwa semua kelompok mengalami kenaikan berat badan. Kenaikan rata-rata berat badan kelompok HPEB10 dan HPFB masing-masing 12,87% dan 12,82%. Kenaikan berat badan masing-masing kelompok diduga erat kaitannya dengan meningkatnya konsumsi pakan tikus. Meskipun semua kenaikan berat badan dijumpai pada semua kelompok, namun kenaikan berat badan tikus yang paling tinggi dan berbeda dari awal sampai akhir intervensi ditunjukkan oleh kelompok tikus HPS.

Tabel 4.17. Berat badan tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi selama 28 hari

Kelompok	Rata-rata (g)		Δ (%)
	Awal	Akhir	
NPS	198,00	224,60	26,6 (13,43%)
HPS	207,00	248,80	41,8(20,19%)
HPEA	206,00	240,80	34,8(16,89%)
HPEB10	205,20	231,60	26,4(12,87%)
HPFB	206,00	232,40	26,4(12,82%)
HPV	203,80	228,80	25(12,27%)
Keterangan :	Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV)		

Hal ini diduga karena adanya akumulasi lemak akibat induksi kolesterol yang dapat menyebabkan akumulasi cadangan lemak dan pada kelompok ini tidak diberi perlakuan apapun.

4.3.3. Profil Lipid tikus percobaan

4.3.3.1. Kolesterol total serum tikus percobaan

Kolesterol total serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel.4.18. Intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat menurunkan kadar kolesterol total serum dengan penurunan tertinggi ditunjukkan oleh HPEB10 sebesar 50,89 % diikuti oleh tepung HPFB sebesar 47,72%. Penurunan oleh tepung EB10 pada kelompok HPEB10 relatif sama bila dibandingkan diet kelompok HPV selaku kontrol positif dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan empat kelompok lainnya. Sementara penurunan terendah ditunjukkan oleh diet tepung EA pada kelompok HPEA. Penurunan kadar kolesterol total serum oleh diet HPEB10, HPFB, dan HPEA diduga karena pengaruh SDF dan RS yang dikandung oleh diet tersebut. Ketiga diet

mengandung TDF masing-masing sebesar 50 g (ISO serat). Namun kandungan SDF masing-masing diet berbeda yaitu diet HPEB10 sebesar $5,90 \pm 0,27$ % d.b., diet HPFB sebesar $0,83 \pm 0,07$ % d.b., dan diet HPEA sebesar $2,35 \pm 0,72$ % d.b. Di samping itu, kandungan RS (komponen mirip serat larut) diet HPEB10, HPFB, dan HPEA secara berurutan masing-masing sebesar $13,13 \pm 0,32$, $6,54 \pm 0,24$, dan $2,8 \pm 0,08$ % d.b. Serat pangan dan RS mempunyai efek dalam penurunan kolesterol total (Sajilata *et al.*, 2006). Mekanisme penurunan kolesterol total oleh SDF dan RS diduga dengan cara meningkatkan ekskresi kolesterol dan asam empedu pada feses. Semakin banyak asam empedu yang diikat dan dibuang bersama feses berarti semakin sedikit asam empedu yang diresirkulasi ke hati (*liver*). Dengan demikian diperlukan sintesis asam empedu yang lebih banyak. Karena bahan dasar asam empedu adalah kolesterol maka sintesis asam empedu yang besar tadi akan mengakibatkan pengurangan jumlah kolesterol yang besar pula sehingga akan menurunkan level kolesterol serum (Marsono, 1998; Surampudi *et al.*, 2016; Hur *et al.*, 2015).

Penurunan level kolesterol pada serum tikus hiperkolesterolemia juga dapat menyebabkan penurunan komponen lipid lainnya seperti trigliserida. Hal ini dapat dijelaskan melalui metabolisme kolesterol. Setelah kolesterol diabsorpsi masuk ke intestinal kemudian membentuk kilomikron selanjutnya masuk ke sistem limfatik dan akhirnya ke hepar. Kolesterol diambil oleh hepar dan kelebihan kolesterol untuk sintesis empedu dan senyawa-senyawa sterol, maka kolesterol akan dikeluarkan ke sirkulasi darah dalam bentuk VLDL. Dalam VLDL terdapat TG dan kolesterol (Chen *et al.*, 2011) sehingga ketika VLDL dalam sirkulasi

meningkat berarti kolesterol dan TG sirkulasi juga meningkat karena keduanya berada dalam kesatuan VLDL, dan sebaliknya.

4.3.3.2. Kolesterol LDL serum tikus percobaan

Kolesterol LDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel. 4.19. Dari Tabel tersebut diketahui bahwa intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat menurunkan kadar LDL serum. Penurunan tertinggi ditunjukkan oleh HPEB10 sebesar 57,49% diikuti oleh tepung HPFB sebesar 53,58%.

Tabel 4.18. Kolesterol total serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah perlakuan

Kelompok	Rata-rata (mg/dl)		Δ (%)	T-test (<i>p</i> -value)
	Awal	Akhir		
NPS	91,78	97,12	5,34(5,82%)	$p < 0,05$
HPS	212,60	223,16	10,56(4,97%)	$p < 0,05$
HPEA	210,68	131,94	-78,74(37,37%)	$p < 0,05$
HPEB10	211,23	103,74	-107,49(50,89%)	$p < 0,05$
HPFB	210,55	110,07	-100,48(47,72%)	$p < 0,05$
HPV	212,05	103,02	-109,03(51,42%)	$p < 0,05$
Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p < 0.05$ menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kolestero total serum sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.				

Penurunan terendah ditunjukkan oleh diet HPEA sebesar 42,85%. Penurunan oleh tepung HPEB10 hampir sama bila dibandingkan diet HPV selaku kontrol positif dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan empat kelompok lainnya.

Penurunan kadar LDL kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA diduga akibat pengaruh SDF dan RS yang dikandung oleh pakan tersebut. Hal ini dapat dilihat

dari adanya hubungan antara kandungan SDF dan RS ketiga diet dengan penurunan kadar LDL kelompok tikus yang diintervensi dengan diet tersebut. Kandungan TDF ketiga diet sebesar 50 gram (iso serat), tetapi besarnya SDF ketiga diet berbeda. Hasil pengukuran kadar SDF ketiga diet pakan secara berurutan masing-masing sebesar $5,90 \pm 0,27$, $0,83 \pm 0,07$, dan $2,35 \pm 0,72$ % d.b. Di samping itu, kandungan RS ketiga diet juga berbeda yaitu masing-masing sebesar $13,13 \pm 0,32$ % db untuk diet HPEB10, $6,54 \pm 0,24$ % db untuk diet HPFB, dan $2,8 \pm 0,08$ % db untuk diet HPEA. Dari komposisi SDF dan RS dapat dinyatakan bahwa besarnya kandungan SDF dan RS diet tepung EB10 > FBE > EA. Apabila dikaitkan dengan penurunan kadar LDL kelompok yang diintervensi dengan diet ketiga pakan tersebut maka adanya korelasi negatif antara kandungan SDF dan RS dengan kadar kolesterol LDL. Kandungan SDF dan RS yang semakin tinggi memiliki penurunan kadar kolesterol LDL yang semakin rendah. Serat pangan larut dan RS mampu mengikat asam empedu, meningkatkan viskositas isi usus halus sehingga mampu menghambat absorpsi lipid, dan mereduksi absorpsi asam empedu dari usus halus melalui sirkulasi enterohepatik (Damat *et al.*, 2008). Kadar DF dan RS dapat meningkatkan mRNA reseptor LDL hepatic sehingga dapat meningkatkan aktivitas LDL *receptor* di dalam hati (Han *et al.*, 2004). Hal ini disebabkan SDF dan RS dapat difermentasi oleh mikroba yang ada dalam kolon menghasilkan SCFA khususnya asam propionat yang dipercayai dapat menurunkan sintesis kolesterol. Data pada Gambar 4.7 (hal 147) menunjukkan bahwa konsentrasi asam propionate pada tikus yang mendapatkan

diet HPFB dan HPEB10 lebih tinggi dibanding dengan kelompok yang mendapatkan diet HPS.

Asam propionat dapat mencegah sintesis kolesterol melalui mekanisme penghambatan kerja enzim HMG-CoA reduktase yang merupakan enzim yang sangat penting dalam proses sintesis kolesterol sehingga kolesterol intraseluler berkurang. Pengurangan konsentrasi kolesterol intraseluler meningkatkan ekspresi reseptor LDL pada permukaan hepatosit yang berakibat meningkatnya pengeluaran LDL dari darah dan penurunan konsentrasi dari LDL dan lipoprotein apo-B lainnya termasuk trigliserida (Aman *et al.*, 2019; Chen *et al* 2008; Brown *et al.*, 1999).

Penurunan konsentrasi kolesterol pada kondisi hiperkolesterolemia khususnya LDL dalam tubuh perlu memperoleh perhatian yang lebih tanpa mengesampingkan yang lainnya. Hal ini mengingat LDL sebagai faktor resiko sterosklerosis karena reseptor LDL tidak hanya di hepar tapi juga di jaringan perifer sedangkan lipoprotein lainnya reseptornya hanya di hepar.

LDL dapat mengalami oksidasi yang dapat menyebabkan berbagai penyakit degeneratif seperti atherosklerosis. Pada kondisi seperti ini antioksidan diperlukan agar LDL tidak teroksidasi sehingga tidak masuk ke pembuluh vaskuler darah. Peroksidasi lipid dapat dicegah dengan beberapa antioksidan (Sunarti *et al.*, 2008).

Dalam penelitian ini senyawa total fenolik dari tepung EBP dan *food bar* pati ganyong - EBP diduga berperan mencegah atau menurunkan oksidasi LDL dalam plasma tikus hiperkolesterolemia. Hal ini ditunjukkan oleh kemampuan

tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP dalam menurunkan MDA yang merupakan produk peroksidasi lipid dan meningkatkan nilai FRAP plasma tikus hiperkolesterolemia dibanding diet pakan standar pada kelompok HPS (kontrol) (Gambar 4.11 dan 4.12).

Tabel 4.19. Kolesterol LDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Rata-rata (mg/dl)		Δ (%)	T-test (<i>p-value</i>)
	Awal	Akhir		
NPS	24,78	30,80	6,02(24,29%)	$p < 0,05$
HPS	89,55	96,40	6,85(7,65%)	$p < 0,05$
HPEA	89,83	51,34	-38,49(42,85%)	$p < 0,05$
HPEB10	89,41	38,01	-51,4(57,49%)	$p < 0,05$
HPFB	90,80	42,15	-48,65(53,58%)	$p < 0,05$
HPV	90,66	35,56	-55,1(60,78%)	$p < 0,05$

Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p < 0.05$ menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kolestero LDL serum sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.

4.3.3.3. Trigliserida serum tikus percobaan

Kandungan Trigliserida serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel .4.20. Intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat menurunkan kandungan trigliserida serum tikus. Penurunan tertinggi ditunjukkan oleh HPEB10 yaitu sebesar 35,52%, diikuti oleh tepung HPFB sebesar 32,43%. Penurunan trigliserida oleh tepung HPEB10 hampir sama bila dibandingkan diet HPV selaku kontrol positif dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan empat kelompok lainnya. Penurunan trigliserida terendah ditunjukkan oleh diet HPEA, yaitu 24,62%.

Penurunan kandungan trigliserida serum diduga karena pengaruh SDF dan RS yang terdapat dalam pakan tersebut. Serat SDF mampu menurunkan trigliserida melalui penghambatan absorpsi trigliserida (Marsono, 2001). Beberapa peneliti lain melaporkan bahwa penurunan konsentrasi trigliserida diduga karena kemampuan DF dalam meningkatkan laju ekskresi asam empedu (Kristensen *et al.*, 2012; Surampudi *et al.*, 2016). Pati resisten juga dilaporkan dapat menurunkan trigliserida karena memiliki sifat fisiologi mirip SDF (Sajilata, 2006).

Penurunan kandungan TG serum biasanya diikuti dengan penurunan kandungan kolesterol lainnya. Hal ini disebabkan TG dan kolesterol berada dalam kesatuan VLDL sehingga apabila VLDL dalam sirkulasi meningkat berarti kolesterol dan TG sirkulasi juga meningkat dan sebaliknya sebagaimana telah diuraikan pada sub pokok bahasan kolesterol total.

Tabel 4.20. Trigliserida serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Rata-rata (mg/dl)		Δ (%)	T-test (<i>p</i> -value)
	Awal	Akhir		
NPS	80,14	87,14	7(8,73%)	$p < 0,05$
HPS	143,32	149,90	6,58(4,59%)	$p < 0,05$
HPEA	142,76	107,61	-35,15(24,62%)	$p < 0,05$
HPEB10	140,78	90,77	-50,01(35,52%)	$p < 0,05$
HPFB	140,92	95,22	-45,7(32,43%)	$p < 0,05$
HPV	142,61	91,58	-51,03(35,78%)	$p < 0,05$

Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p < 0.05$ menunjukkan adanya perbedaan rata-rata trigliserida serum sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.

4.3.3.4. Kolesterol HDL serum tikus percobaan

Kolesterol HDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi disajikan pada Tabel. 4.21. Intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat meningkatkan kadar HDL serum dengan peningkatan tertinggi ditunjukkan oleh HPEB10 sebesar 194,07% diikuti oleh perlakuan HPFB sebesar 171,05%. Peningkatan oleh perlakuan HPEB10 hampir sama apabila dibandingkan diet HPV selaku kontrol positif dan lebih tinggi apabila dibandingkan dengan empat kelompok lainnya. Sementara peningkatan terendah ditunjukkan oleh diet kelompok HPEA. Peningkatan kadar HDL pada kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA diduga karena pengaruh SDF dan RS yang dikandung oleh diet pakan tersebut. Dari pengukuran sebelumnya diketahui bahwa ketiga diet mengandung serat yang sama, yaitu 50 g. Sementara RS ketiganya berbeda yaitu masing-masing sebesar $13,13 \pm 0,32$ % d.b untuk diet HPEB10, $6,54 \pm 0,24$ % d.b untuk diet HPFB, dan $2,8 \pm 0,08$ % d.b. untuk diet HPEA.

Mekanisme peningkatan kadar HDL pada kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA oleh SDF dan RS diduga sebagai akibat penghambatan aktivitas enzim HMG-CoA reduktase dalam sintesis kolesterol oleh asam propionat yang merupakan produk fermentasi SDF dan RS. Terhambatnya aktivitas enzim HMG-KoA reduktase menyebabkan kadar kolesterol intrasel menurun. Berkurangnya kolesterol intrasel akan merangsang sintesis reseptor kolesterol LDL, sehingga jumlah reseptor LDL di membran sel akan semakin meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan penyerapan kolesterol LDL di membran sel,

Selanjutnya kolesterol LDL melalui reaksi yang dikatalisis oleh LCAT akan diubah menjadi ester kolesterol, dan diserap oleh HDL nascent, partikel HDL ini akan bertambah besar dan disebut HDL sferis, sehingga akhirnya kadar kolesterol HDL darah akan meningkat (Diass dan Estiasih, 2015; Aman *et al.*, 2019; Rabie'ah *et al.*, 2014; Hernawati *et al.*, 2013)

Perbaikan profil lipid seperti peningkatan HDL dan penurunan kolesterol total, kolesterol LDL dan trigliserida serum pada perlakuan HPV diduga karena pemberian obat penurunan kolesterol simvastatin selama intervensi. Pemberian simvastatin dengan dosis 20-80 mg dapat menurunkan LDL 18-55%, TG 7-30%, dan menaikkan HDL 5-15% (Grundy *et al.*, 2004). Statin menghambat HMG-CoA *reduktase* secara reversibel yang mengkatalisis konversi HMG-CoA *reduktase* menjadi mevalonat. Melalui penghambatan terhadap enzim tersebut statin mengurangi kadar kolesterol intraseluler dan mempercepat *clearance* LDL dari plasma (Blum, 1994).

Kemampuan tepung EBP dan diet FBE dalam memperbaiki profil lipid seperti meningkatkan kadar HDL dan menurunkan kadar TC, LDL, dan trigliserida didukung oleh data kelompok tikus hiperkolesterolemia yang diberi diet pakan standar (HPS) selama periode intervensi diet.

Tabel 4.21. Kolesterol HDL serum tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Rata-rata (mg/dl)		Δ (%)	T-test (<i>p-value</i>)
	Awal	Akhir		
NPS	80,00	75,86	-4,14(5,18%)	$p < 0,05$
HPS	26,12	21,71	-4,41(16,88%)	$p < 0,05$
HPEA	25,58	51,74	26,16(102,27%)	$p < 0,05$
HPEB10	23,95	70,43	46,48(194,07%)	$p < 0,05$
HPFB	24,35	66,00	41,65(171,05%)	$p < 0,05$
HPV	24,49	69,57	45,08(184,08%)	$p < 0,05$

Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p < 0.05$ menunjukkan adanya perbedaan rata-rata kolesterol HDL serum sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.

Kelompok ini menunjukkan perubahan profil lipid yang berlawanan dengan perlakuan diet pakan tepung EBP seperti penurunan HDL serum dan peningkatan kadar kolesterol total, LDL, dan trigliserida yang signifikan dibanding kelompok diet pakan tepung EBP. Kondisi ini terjadi karena pada kelompok ini tikusnya mengalami hiperkolesterolemia tanpa mendapat perlakuan tambahan DF dan RS sehingga komponen SDF yang dikandung oleh diet pakan standar tidak mampu memulihkan kondisi hiperkolesterolemia yang terjadi.

Fenomena berbeda ditunjukkan oleh kelompok tikus normal (NPS) yang diberi diet pakan standar, kelompok ini mengalami sedikit perubahan seperti penurunan HDL serum dan peningkatan kolesterol total, LDL, dan trigliserida. Namun perubahan yang terjadi masih berada dalam kisaran normal. Hal ini diduga karena kemampuan serat CMC pada diet pakan standar dalam mengikat asam empedu primer (kolat) dengan asam empedu sekunder (deoksikolat). Dari pengamatan secara *in vitro* diperoleh daya ikat asam deoksikolat diet pakan standar pada kelompok tikus normal 6 x lebih tinggi dibanding daya ikat terhadap

asam kolat (Gambar 4.20 halaman 156). Hal ini diduga mempengaruhi metabolisme asam empuđu dalam tubuh tikus.

4.3.4. Indeks Atherogenik Plasma tikus percobaan

Atherogenic Index of Plasma (AIP) merupakan salah satu cara untuk memprediksi terjadinya risiko aterosklerosis (Nirouman *et al.*, 2015). Semakin tinggi nilai AIP berarti beresiko akan terjadinya aterosklerosis semakin besar. AIP dapat dihitung dengan rumus $\log (TG/HDL)$ (Dobiasova dan Frohlich, 2001). Indeks atherogenik plasma tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah perlakuan disajikan pada Tabel.4.22. Intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat menurunkan AIP plasma dengan penurunan tertinggi ditunjukkan oleh diet tepung EB10 pada kelompok HPEB10 diikuti oleh diet FBE pada kelompok HPFB (Tabel 4.22). Penurunan AIP oleh diet tepung EB10 pada kelompok HPEB10 hampir sama apabila dibandingkan diet kelompok HPV selaku kontrol positif dan lebih rendah apabila dibandingkan dengan empat perlakuan lainnya. Sementara penurunan terendah ditunjukkan oleh diet HPEA.

Berdasarkan nilai AIP pada Tabel 4.22 kelompok HPEB10 dan HPFB pada periode akhir intervensi memiliki nilai AIP yaitu masing-masing $0,10 \pm 0,01$ dan $0,16 \pm 0,02$. Risiko aterosklerosis berdasarkan nilai AIP dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu: risiko rendah (kurang 0,11), risiko sedang (0,11-0,21) dan risiko tinggi (lebih dari 0,21) (Dobiasova, 2006). Berdasarkan kriteria risiko aterosklerosis tersebut kelompok HPEB10 termasuk dalam risiko rendah dan kelompok HPFB termasuk dalam risiko sedang. Sementara itu, nilai AIP kelompok NPS dan HPS justru sebaliknya terjadi peningkatan. Data ini

mengindikasikan bahwa kelompok diet tepung EBP dan FBE dapat menurunkan resiko aterosklerosis.

Tabel 4.22. Indeks atherogenik plasma tikus pada masing-masing kelompok sebelum dan sesudah intervensi

Kelompok	Rata-rata		Δ (%)	T-test (<i>p-value</i>)
	Awal	Akhir		
NPS	0,00	0,06	0,06(0,00%)	$p < 0,05$
HPS	0,74	0,84	0,1(13,51%)	$p < 0,05$
HPEA	0,75	0,32	-0,43(57,33%)	$p < 0,05$
HPEB10	0,77	0,10	-0,67(87,01%)	$p < 0,05$
HPFB	0,76	0,16	-0,6(78,95%)	$p < 0,05$
HPV	0,77	0,12	-0,65(84,42%)	$p < 0,05$

Keterangan : Normal pakan pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). $p < 0.05$ menunjukkan adanya perbedaan rata-rata Indeks atherogenik plasma sebelum dan sesudah perlakuan pada masing-masing kelompok.

Presentasi penurunan nilai AIP tertinggi ditunjukkan oleh kelompok HPEB10 yang diberi pakan diet tepung EB10 sebesar 87,01 % diikuti oleh kelompok HPFB sebesar 78,95%. Penurunan nilai AIP kelompok HPEB10 melebihi penurunan nilai AIP kelompok HPV yang merupakan kelompok kontrol positif (Obat) walaupun selisih penurunannya tidak besar.

4.3.5. Profil digesta *caecum* tikus percobaan

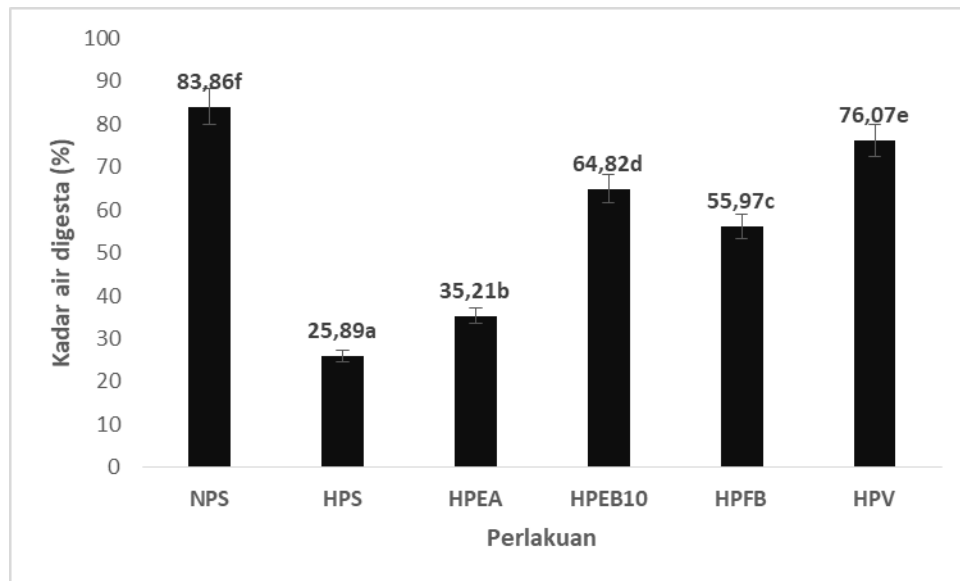
4.3.5.1. Kadar air dan berat digesta *caecum* tikus percobaan

Hasil analisis kadar air digesta tikus bervariasi disajikan pada Gambar.4.5. Intervensi diet pakan tepung EA, EB 10 dan FBE dapat meningkatkan kadar air digesta dengan urutan peningkatan tepung EB10 > FBE > tepung EA. Hal ini ditunjukkan oleh tingginya kadar air kelompok HPFB, HPEB10, dan HPEA dibanding kelompok HPS (kontrol negatif). Namun peningkatan kadar air

ketiganya masih di bawah kelompok NPS (kontrol normal) dan perlakuan HPV (kontrol positif).

Peningkatan kadar air digesta ini diduga berasal dari DF dan RS yang dikandung oleh diet pakan HPEB10, HPFB, dan HPEA. Komponen DF dan RS dalam bahan pangan dapat meningkatkan kadar air digesta (Marsono *et al.*, 1993; Sembor *et al.*, 1999). Bahkan DF dapat meningkatkan kemampuan bahan pangan dalam menyerap air sebesar 10 kali lipat apabila dibandingkan dengan bahan pangan yang tidak mengandung DF (Cumming, 1987). Hal ini tidak terlepas dari sifat fungsional DF yang mempunyai kapasitas pengikatan air yang tinggi (*water holding capacity*/WHC). Pada penelitian Tahap I, tepung EB10 dan EA mempunyai WHC masing-masing sebesar $443,97 \pm 0,97$ % dan $433,16 \pm 1,54$ % (Tabel 4.8). Sementara FBE terbuat dari proporsi pati ganyong dan tepung EB10 (Tabel. 3.2). Tingginya kadar air digesta kelompok HPEB10 dan HPFB diduga disebabkan sifat fungsional dari DF, yaitu memiliki WHC yang tinggi.

Tingginya kadar air digesta perlakuan NPS dan HPV diduga karena kemampuan WHC dari DF keduanya lebih tinggi. Kemampuan WHC DF dipengaruhi oleh struktur kimia serat, spesies, dan anatomi bahan (Eastwood and Mitchell, 1976 dalam Sembor *et al.*, 1999) serta ukuran partikel dan pH (Gordon, 1989; Marsono *et al.*, 1999).



Gambar.4.5. Kadar air digesta tikus pada masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Hasil analisis berat digesta *caecum* tikus disajikan pada Gambar.4.6. Intervensi diet tepung EBP dan FBE dapat meningkatkan berat digesta *caecum* tikus dengan urutan peningkatan FBE > tepung EB 10 > tepung EA. Hal ini ditunjukkan oleh tingginya berat digesta *caecum* kelompok HPEA, HPEB10, dan HPFB dibanding kelompok HPS (kontrol negatif). Intervensi diet FBE pada perlakuan PBFB menunjukkan peningkatan berat digesta *caecum* paling tinggi dan berbeda nyata dibandingkan dengan diet pakan standar pada perlakuan kontrol normal dan tidak berbeda nyata jika dibandingkan dengan diet pakan standar pada perlakuan kontrol positif. Peningkatan berat digesta *caecum* ini diduga berasal DF dan RS yang dikandung oleh diet pakan HPFB, HPEB10, dan HPEA. Hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa diet pakan tepung EB10 pada kelompok HPEB10, diet FBE pada kelompok HPFB, dan diet pakan tepung

EA pada kelompok HPEA mempunyai kandungan DF yang cukup tinggi (Tabel 4.5 dan 4.11). Semakin tinggi kandungan SDF diet pakan maka semakin tinggi berat sekumnya.

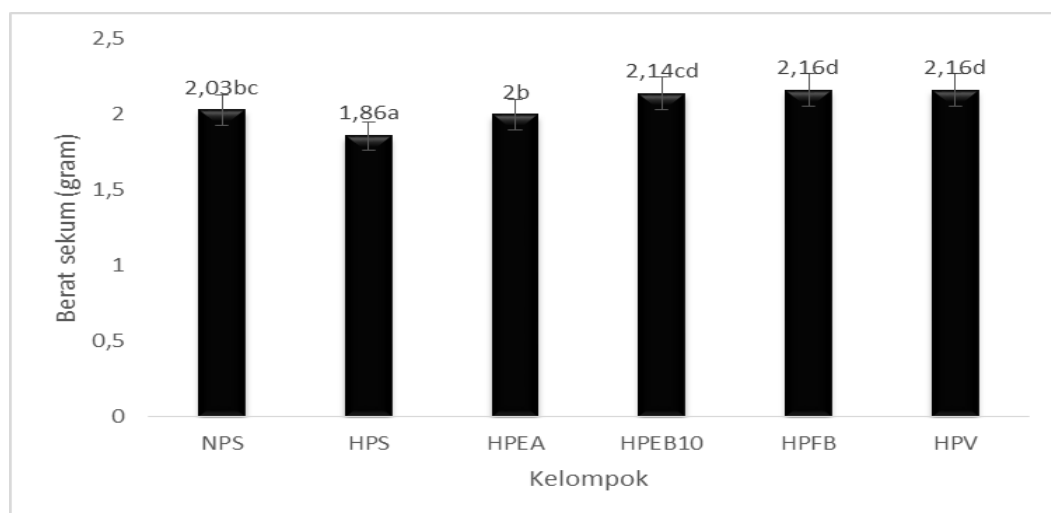
Namun pada penelitian ini besarnya kandungan TDF dalam diet pakan dibuat sama jumlahnya (ISO serat) sehingga pengaruhnya terhadap perlakuan juga diperkirakan relatif sama. Meskipun diet pakan dirancang ISO serat namun sumber serat dan tipe serat yang digunakan berbeda. Adanya perbedaan berat digesta *caecum* selain disebabkan oleh komponen RS dan DF diduga disebabkan berbedanya sumber dan tipe serat. Komponen DF dan RS dalam bahan pangan dapat meningkatkan berat digesta *caecum* (Marsono *et al.*, 1993; Sembor *et al.*, 1999).

Selain jumlah DF yang dikonsumsi, sumber DF juga dapat meningkatkan berat dari digesta *caecum*. Sumber DF yang berbeda dapat menghasilkan kandungan fermentasi atau jenis mikroba yang berbeda (Zhao *et al.*, 2019).

Di samping efek dari komponen DF dan RS, peningkatan digesta *caecum* erat kaitannya dengan tingginya kadar air digesta dan kenaikan jumlah massa bakteri akibat dari fermentasi DF (Schneman, 1985). Kadar air dari diet pakan EB10, FBE, dan EA secara berurutan masing masing $6,19 \pm 0,12\%$, $6,95 \pm 0,05\%$, dan $7,97 \pm 0,04\%$ (Tabel 4.4 dan Tabel 4.10). Jumlah kadar air bahan ketiga diet pakan yang digunakan pada penelitian ini relatif sama sehingga pengaruhnya terhadap peningkatan berat digesta *caecum* juga diperkirakan sama.

Banyaknya jumlah digesta *caecum* juga dipengaruhi oleh sifat fungsional WHC serat yang digunakan. Pada hasil penelitian sebelumnya diketahui WHC

masing-masing diet pakan sebesar $443,97 \pm 0,97$ % untuk tepung EB10 dan $433,16 \pm 1,54$ % untuk tepung EA (Tabel 4.8). Sementara untuk diet FBE, kapasitas WHC tidak diketahui namun dapat diperkirakan karena salah satu sumber seratnya berasal dari tepung EB10. Kapasitas WHC dari DF dan RS dilaporkan dapat meningkatkan jumlah digesta caecum karena kemampuannya dalam menahan air. Semakin besar kapasitas WHC sehingga semakin besar pula air yang dapat ditahan oleh DF sehingga dapat meningkatkan berat digesta.



Gambar.4.6. Berat sekum tikus pada masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

4.3.5.2. Short Chain Fatty Acid (SCFA) dan pH *caecum* tikus percobaan

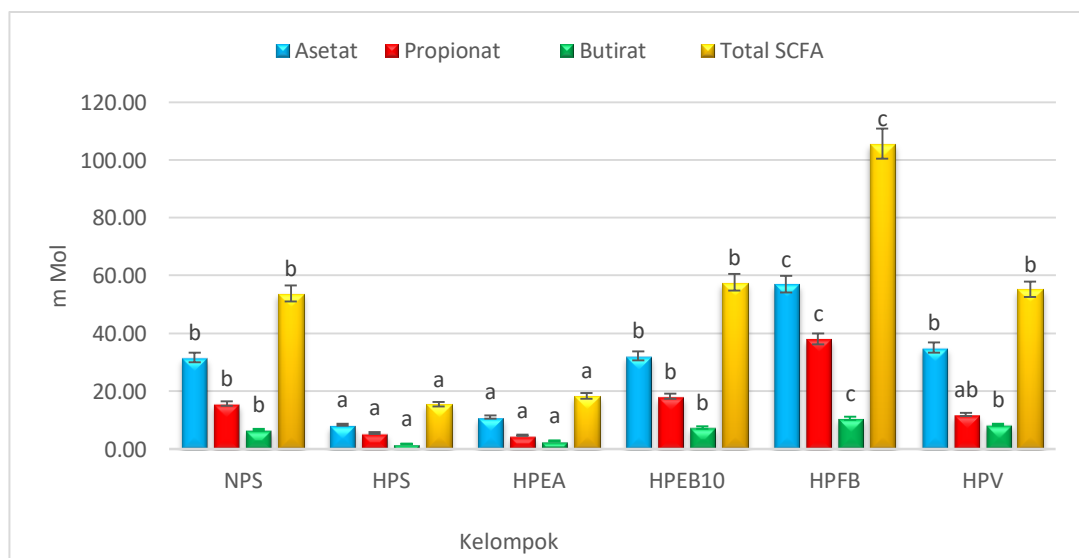
Hasil analisis konsentration asetat, propionat, butirrat, dan total SCFA digesta tikus disajikan pada Gambar.4.7. Intervensi diet pakan tepung EB10 dan FBE dapat meningkatkan konsentration asetat, propionat, butirrat, dan total SCFA dengan urutan peningkatan FBE > tepung EB10. Diet FBE menunjukkan

peningkatan konsentrasi asetat, propionat, butirat, dan total SCFA yang lebih tinggi dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol negatif, kontrol normal, dan kontrol positif. Diet pakan tepung EB10 menunjukkan konsentrasi asetat, propionat, butirat, dan total SCFA yang lebih tinggi dibandingkan diet pakan standar pada perlakuan kontrol negatif, normal, dan positif namun tidak berbeda nyata dengan kontrol normal dan positif.

Namun respon yang berbeda ditunjukkan oleh diet pakan tepung EA yang diberikan pada kelompok HPEA menunjukkan bahwa intervensi diet pakan ini menghasilkan asetat, propionat, butirat, dan total SCFA yang lebih tinggi dibanding perlakuan kontrol negatif dan tidak berbeda nyata namun masih lebih rendah dan berbeda nyata bila dibandingkan control normal dan positif. Tingginya konsentrasi asetat, propionat, butirat, dan total SCFA pada kelompok diet HPFB dan HPEB10 diduga berasal DF dan RS yang dikandung oleh diet pakan HPFB dan HPEB10. Kadar DF diet pakan kelompok HPFB dan HPEB10 masing-masing sebesar 50 gram dan kadar RS kedua diet masing-masing sebesar $6,54 \pm 0,24$ dan $13,13 \pm 0,32$ % d.b. Komponen DF dan RS dalam bahan pangan dapat meningkatkan konsentrasi asam asetat, propionat, dan butirat (Marsono *et al.*, 1993; Sembor *et al.*, 1999; Nie *et al.*, 2017). Kadar RS diet kelompok HPFB lebih kecil dibanding diet kelompok HPEB10 namun konsentrasi total SCFA diet HPFB lebih tinggi dibanding diet HPEB10. Tingginya konsentrasi total SCFA kelompok diet HPFB diduga berasal dari beragamnya sumber DF pada pakan kelompok ini yaitu SDF dan RS yang berasal dari tepung HPEB10 dan RS yang berasal dari

pati ganyong. Sumber DF yang berbeda akan mempengaruhi komoditas mikroba dan produksi asam lemak rantai pendek (Zhao *et al.*, 2019).

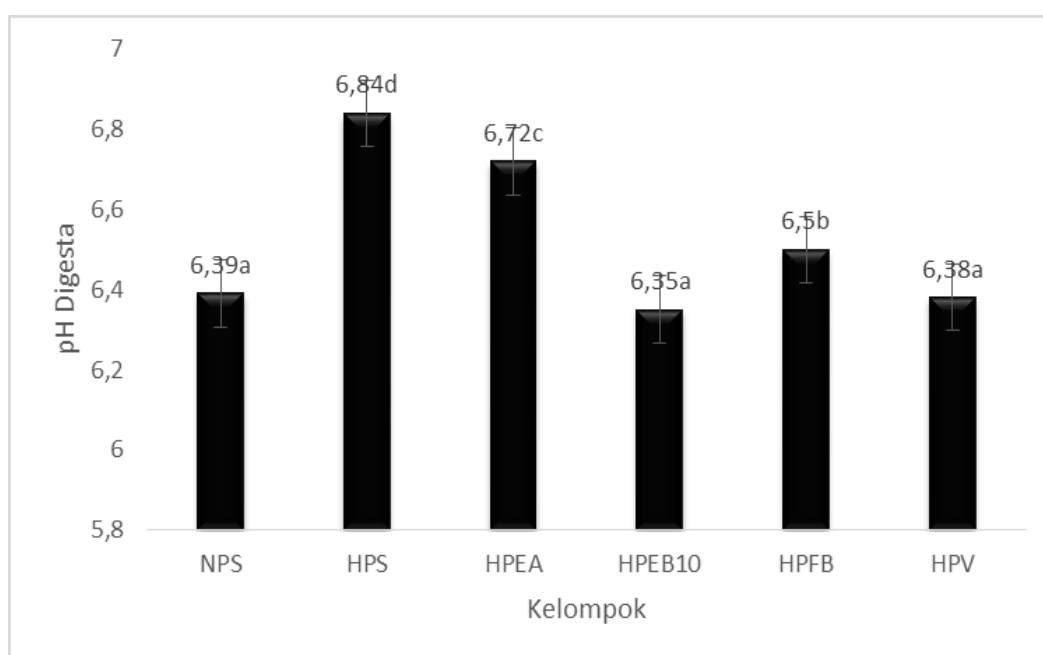
Selain itu, tingginya SCFA (asam asetat, asam propionate, dan asam butirat) juga diduga berasal dari komponen total fenolik yang lolos ke usus besar dan mampu difermentasi oleh mikroba kolon (Capuano dan Pellergrini, 2019). Komponen total fenolik pada diet FBE diduga didominasi oleh komponen total fenolik yang tidak diserap dalam usus halus namun lolos ke dalam usus besar atau kolon dan dapat difermentasi oleh mikroba kolon. Hal ini dikarenakan total fenolik FBE pada kelompok HPFB telah berinteraksi dengan berbagai bahan lain seperti karbohidrat, protein, lemak, dan bahan lain pada saat pembuatan *food bar* yang dapat menghambat bioavailabilitasnya selama pencernaan (Stanisavljevic *et al.*, 2015).



Gambar.4.7. Konsentrasi SCFA digesta tikus pada masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Hasil analisis pH digesta tikus disajikan pada Gambar.4.8. Intervensi diet pakan tepung EB10 dan FBE dapat menurunkan pH digesta tikus dengan urutan penurunan tepung EB10 > FBE.

Diet pakan tepung EB10 pada kelompok HPEB10 menunjukkan pH paling rendah namun tidak berbeda dengan diet pakan standard pada perlakuan kontrol normal dan positif. Rendahnya pH digesta kedua kelompok tikus ini menunjukkan bahwa DF dan RS yang dikandung oleh diet pakan EB10 pada kelompok HPEB10 dan FBE pada kelompok HPFB dapat mengalami fermentasi di usus besar (kolon) menghasilkan SCFA yang bersifat asam sehingga menurunkan pH digesta *caecum*.



Gambar.4.8. pH digesta tikus pada masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Diet pakan tepung EB10 pada kelompok HPEB10 dan FBE pada kelompok HPFB mengandung kadar DF masing-masing 50 gram dan kadar RS masing-masing $13,13 \pm 0,32$ dan $6,54 \pm 0,24$ % d.b. Namun fenomena yang menarik ditunjukkan oleh diet pakan FBE pada kelompok HPFB yang menghasilkan total SCFA paling tinggi namun menunjukkan pH yang lebih tinggi dibandingkan diet pakan NPS, HPEB10, dan HPV. Tingginya pH pada diet pakan FBE diduga erat kaitannya dengan jenis dan jumlah mikrobiota yang hidup di saluran pencernaan (gastrointestinal tract/GIT) kolon dan produk SCFA yang dihasilkannya. Diet pakan FBE diolah dari proporsi pati ganyong – EBP 85:15 dan bahan lain sehingga jenis SDF dan RS berasal dari kombinasi pakan tersebut. Serat pangan/RS yang berasal dari sumber yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah dan jenis SCFA yang diproduksi di usus besar (Zhao *et al.*, 2019).

4.3.5.3. Proporsi molar SCFA *caecum* tikus percobaan

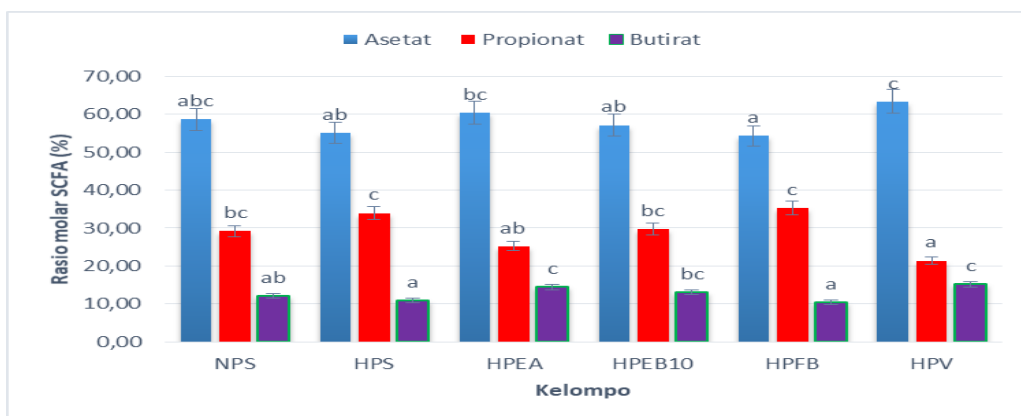
Data proporsi molar SCFA masih perlu dibuat karena data konsentrasi SCFA belum dapat menunjukkan perbandingan antara asetat: propionat: butirrat pada pool SCFA yang sebenarnya (Rahmawati *et al.*, 2018). Di samping itu, proporsi molar dapat lebih memberikan gambaran efek fisiologis dari DF dan RS.

Hasil analisis proporsi molar SCFA digesta tikus disajikan pada Gambar.4.9. Intervensi diet pakan tepung EB10 dan FBE menunjukkan proporsi molar asam propionat yang tinggi dengan urutan FBE > tepung EB10. Proporsi molar (asam asetat: asam propionat: asam butirrat) diet FBE pada kelompok HPFB cukup besar yaitu 54,31 % Molar : 35,35% Molar : 10,38% Molar. Begitu juga halnya dengan proporsi molar diet tepung EB10 pada kelompok HPEB10 yaitu

57,80 % Molar : 29,73% Molar : 13,09% Molar. Hasil proporsi molar ini serupa dengan proporsi molar tepung tepung KKPA koro pedang putih yaitu 54% Molar: 36 % Molar: 10% Molar (Rahmawati, 2018) dan tepung gayam yang dimodifikasi *autoclaving-cooling* (DPAC3) memiliki proporsi asetat 56,39%, propionate 32,98% dan butirat 10,63% (Wijanarka, 2017).

Proporsi molar asam propionat diet FBE dan diet tepung EB10 lebih tinggi daripada diet kontrol negatif, normal, positif. Proporsi molar asam propionat kedua diet berbeda dengan diet pakan standar pada perlakuan kontrol positif. Kondisi ini diduga disebabkan sumber DF yang berbeda. Serat pangan yang berasal dari sumber yang berbeda dapat mempengaruhi jumlah dan jenis SCFA yang diproduksi di usus besar (Marsono *et al.*, 1993; Zhao *et al.*, 2019).

Tingginya proporsi molar kelompok HPFB dan HPEB10 ada kaitannya dengan kemampuan kedua kelompok dalam menurunkan total kolesterol, LDL kolesterol, dan meningkatkan kolesterol HDL. Hal ini ditunjukkan oleh hasil pengukuran kolesterol serum kedua kelompok. Kelompok HPEB10 mampu menurunkan lebih besar kolesterol total dibandingkan kelompok HPFB (Tabel 4.18). Hal ini diduga karena kelompok HPEB10 mengandung asam asetat lebih rendah dibanding kelompok HPFB. Asam asetat dilaporkan dapat bertindak sebagai precursor kolesterol.



Gambar.4.9. Proporsi molar SCFA digesta tikus pada masing-masing kelompok.

Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

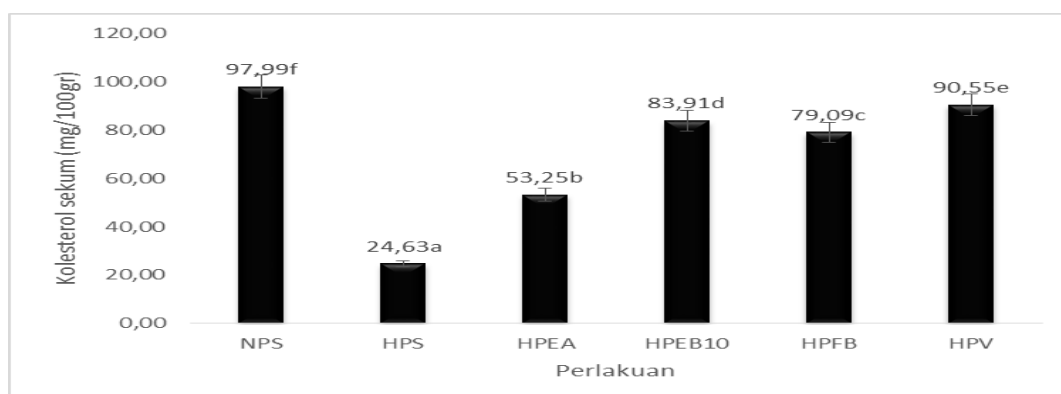
Sementara itu, asam propionat dilaporkan lebih dominan dalam menurunkan kolesterol darah (Maryati *et al.*, 2016). Dengan demikian diet pakan FBE dan diet pakan tepung EB10 bermanfaat untuk kesehatan karena dapat memperbaiki profil lipid darah dengan cara menurunkan kolesterol. Dari Gambar 4.9 diet pakan tepung EB10 menunjukkan proporsi molar asam butirat yang cukup tinggi dan tidak berbeda dengan diet pakan standar pada perlakuan kontrol normal dan positif. Hal ini mengindikasikan bahwa diet tersebut juga dapat untuk menjaga kesehatan kolon karena asam butirat dilaporkan dapat mencegah kanker kolon (Ratnaningsih *et al.*, 2017).

4.3.5.4. Kolesterol digesta *caecum* tikus percobaan

Hasil analisis kolesterol digesta *caecum* tikus disajikan pada Gambar.4.10. Intervensi diet tepung EBP dan FBE meningkatkan kolesterol digesta *caecum* dengan urutan peningkatan tepung EB 10 > FBE > tepung EA. Hal ini

ditunjukkan oleh tingginya digesta *caecum* kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA apabila dibandingkan dengan kelompok HPS (kontrol negatif). Namun peningkatan kolesterol digesta *caecum* ketiganya masih di bawah perlakuan kontrol normal dan kontrol positif

Terdapatnya kolesterol digesta *caecum* pada diet tepung EBP pada kelompok HPEB10 sebesar 83,91 mg/100g dan FBE pada kelompok perlakuan sebesar 79,09 mg/100g diduga berasal dari aktivitas komponen SDF dan RS yang dikandungnya. Hal ini didukung oleh data *in vitro* yang diperoleh menunjukkan bahwa kedua kelompok mempunyai kemampuan mengikat asam empedu, seperti asam kolat dan deoksikolat.



Gambar.4.10. Kolesterol sekum tikus pada masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Kelompok HPEB10 mampu mengikat asam kolat dan deoksikolat masing-masing sebesar 38,72% dan 26,90%. Kelompok HPFB mampu mengikat asam kolat sebesar 28,24% dan deoksikolat sebesar 25,42%. Komponen SDF dan RS

dalam diet pakan kelompok HPEB10 dan HPFB dapat mengikat asam empedu sehingga jumlah asam empedu yang terserap menjadi berkurang sehingga kolesterol darah akan terserap di hati untuk dimetabolisme membentuk asam empedu baru. Kondisi ini menyebabkan kolesterol dalam plasma darah berkurang

Kolesterol digesta *caecum* dilaporkan berasal dari sekresi empedu dan kolesterol yang terikat oleh SDF dan RS (Maryanto *et al.*, 2019; Kristensen *et al.*, 2012). SDF berikatan dengan cairan empedu yang mengandung asam empedu primer dan sekunder (sterol atau feses kolesterol atau coprostanol) dan membuangnya atau ekskresi simultan melalui tinja sehingga dapat mengurangi kadar kolesterol dalam darah karena bahan baku pembentukan asam empedu adalah kolesterol (Kristensen *et al.*, 2012).

Tingginya kemampuan kelompok NPS dan HPV dalam menghasilkan kolesterol digesta *caecum* diduga karena kedua diet pakan untuk kedua kelompok mempunyai kemampuan mengikat asam empedu yang lebih tinggi. Hasil penelitian secara *in vitro* menunjukkan bahwa kedua kelompok mampu mengikat asam kolat dan asam deoksikolat. Kelompok NPS mampu mengikat asam deoksikolat lebih tinggi dibandingkan kelompok HPEB10 dan HPFB yaitu sebesar 40,40%, namun kemampuan mengikat asam kolat lebih rendah dibandingkan kelompok HPEB10 dan HPFB..

Sementara kelompok HPV (kelompok kontrol positif) mempunyai kemampuan mengikat asam kolat dan asam deoksikolat paling tinggi dibandingkan semua kelompok perlakuan yaitu masing – masing 80,68% dan 88,70%. Tingginya kandungan sterol netral dan asam empedu merupakan penentu

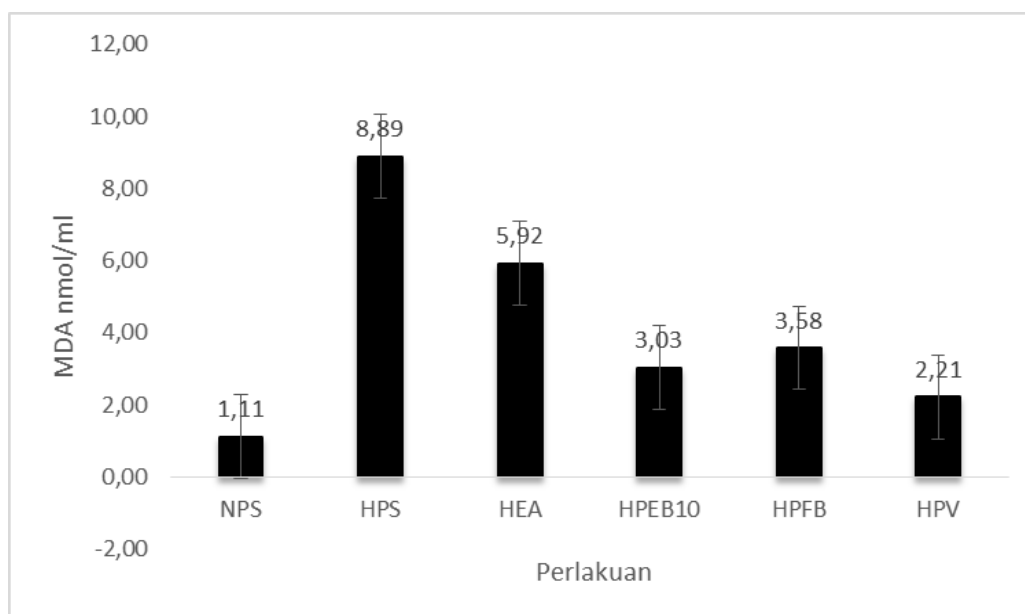
utama efek penurunan kolesterol oleh DF (Marounek *et al.*, 2017). Peningkatan ekskresi sterol netral dan asam empedu dianggap sebagai penentu utama untuk efek penurun kolesterol dari DF.

4.3.6. Kadar Malondialdehid (MDA) plasma tikus percobaan

MDA merupakan produk hasil peroksidasi lipid oleh radikal bebas dalam tubuh yang sering dijadikan sebagai indikator untuk menentukan stress oksidatif (Jeyabalan dan Caritis, 2006; Astuti *et al.*, 2009). Penurunan MDA mengindikasikan bahwa produk oksidasi dalam tubuh juga berkurang. Kehadiran senyawa fenolik dalam tubuh dapat meningkatkan kapasitas antioksidan plasma dalam menangkal radikal bebas (Sayago-Ayerdi *et al.*, 2014).

Hasil analisis kadar MDA plasma tikus disajikan pada Gambar.4.11. Intervensi diet tepung EBP dan FBE pada akhir intervensi menunjukkan kadar MDA yang rendah. Kadar nilai MDA plasma darah tikus kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA pada akhir intervensi lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol negatif. Namun lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kelompok kontrol normal (NPS) dan kontrol positif (HPV) dan berbeda nyata secara statistik. Tingginya nilai MDA kelompok HPS diduga karena kelompok ini merupakan kelompok hiperkolesterol sehingga telah terjadi kerusakan atau kekacauan terhadap komponen lipidnya akibat radikal bebas. Sementara kelompok ini tidak mendapatkan perlakuan apapun untuk mengatasi kondisi hiperkolesterol yang dialaminya. Berbeda dengan kelompok normal (NPS) meskipun diet pakan yang diberikan sama yaitu diet pakan standar namun pada kelompok normal kondisi profil lipidnya tidak mengalami kerusakan atau

kekacauan karena kondisi normal mengindikasikan adanya keseimbangan antara antioksidan dan radikal bebasnya. Begitu pula halnya dengan kelompok kontrol positif walaupun terpapar hiperkolesterol namun pada kelompok ini beri obat berupa simvastatin yang memiliki sifat hipokolesterol juga dapat berperan sebagai antioksidan. Rendahnya kadar nilai MDA mengindikasikan produk oksidasi dalam tubuh juga rendah.



Gambar.4.11. Kadar MDA serum tikus masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Rendahnya nilai MDA pada ketiga kelompok tersebut di atas diduga berasal dari aktivitas komponen AO total fenolik. Diet pakan untuk ketiga kelompok tersebut berasal dari tepung EBP dan FBE yang mengandung komponen total fenolik. Diet pakan kelompok HPEB10 berasal dari tepung EB10 dan diet pakan

kelompok HPEA berasal dari tepung EA (Tabel 4.6). Fenomena yang menarik adalah berdasarkan hasil analisis komponen total fenolik diperoleh bahwa tepung EB10 dan FBE memiliki kadar total fenolik dan aktivitas antioksidan yang tergolong rendah namun mampu menurunkan kadar MDA cukup baik. Hal ini belum dapat dijelaskan, namun penelitian lain melaporkan bahwa kadar komponen total fenolik dan aktivitas antioksidan tepung EBP varietas lokal Negara Bagian Penang Malaysia sangat tinggi (Azis *et al.*, 2011)

Sementara diet pakan kelompok HPFB berasal dari pati ganyong: tepung EBP dengan proporsi 85 : 15 (Tabel 4.12). Dari bahan tepung yang digunakan dapat dinyatakan bahwa urutan kandungan komponen total fenolik dari yang tertinggi ke rendah pada diet pakan kelompok sebagai berikut kandungan total fenolik kelompok HPEB10 > HPFB > HPEA. Dilihat dari rendahnya nilai MDA ketiga kelompok dapat dikatakan bahwa semakin tinggi kandungan komponen total fenolik maka semakin tinggi pula penurunan nilai MDA. Rendahnya kadar MDA pada diet pakan diduga berasal dari aktivitas komponen AO total fenolik yang dikandungnya (Sayago-Ayerdi *et al*, 2014; Nurhidajah *et al.*, 2017).

4.3.7. Kapasitas antioksidan plasma tikus percobaan

Hasil diet tepung EBP terhadap kapasitas antioksidan plasma atau *Ferric Reducing Ability of Plasma* (FRAP) tikus disajikan pada Gambar.4.12. Diet tepung EBP (EA dan EB10) dan FBE dapat meningkatkan nilai FRAP dibanding diet pakan standar pada kelompok HPS (kontrol negatif). Diet tepung EB10 dapat meningkatkan nilai FRAP kelompok HPEB10 sebesar 55,72 %. Diet FBE dapat meningkatkan nilai FRAP kelompok HPFB sebesar 44,44%, dan diet tepung EA

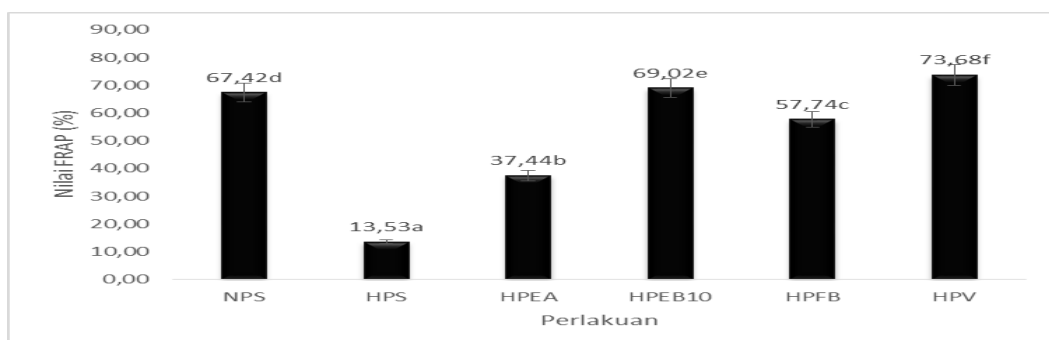
meningkatkan nilai FRAP kelompok HPEA sebesar 24,14%. Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa intervensi diet tepung EBP dapat meningkatkan nilai FRAP dengan urutan peningkatan tepung EB10 > FBE > tepung EA. Peningkatan nilai FRAP oleh diet tepung EB10, FBE, dan tepung EA lebih tinggi dibandingkan peningkatan nilai FRAP kelompok NPS (kontrol normal), namun masih di bawah kelompok kontrol positif (HPV) dan berbeda nyata secara statistik. Tingginya nilai FRAP pada kelompok HPV diduga berasal dari obat simvastatin yang juga dapat berperan sebagai antioksidan (Criner *et al.*, 2014). Simvastatin dengan gugus karbonil yang dimilikinya selain bertindak sebagai antihiperkolesterol juga sudah terbukti secara klinis sebagai antioksidan (McAuley *et al.*, 2014; Celesteno *et al.*, 2013). Gugus karbonil simvastatin dapat berikatan dengan electron bebas dari radikal bebas (Stoll *et al.*, 2004).

Peningkatan nilai FRAP akibat penambahan diet pakan tepung EB10, FBE, dan tepung EA diduga berasal dari aktivitas antioksidan komponen total fenolik yang dikandung oleh ketiga bahan ini. Diketahui bahwa ketiga diet pakan tepung yang digunakan mengandung total fenolik yang cukup tinggi yaitu tepung EB10 mengandung $132,81 \pm 2,14$ mg/100 g total fenolik, FBE mengandung $105,75 \pm 0,64$ mg/100 g total fenolik, dan tepung EA mengandung $121,62 \pm 1,15$ mg/100 g total fenolik (Tabel 4,6 dan Tabel 4.19).

Beberapa senyawa fenolik pada tepung batang semu tanaman pisang telah dilaporkan seperti *gentisic acid*, (+) – catechin, *protocatechuic acid*, *caffeic acid*, *ferulic acid*, dan *cinnamic acid* (Saravanan and Aradhya, 2011). Senyawa – senyawa fenolik tersebut di duga juga terdapat dalam tepung EBP karena tepung

batang semu diolah dari batang semu yang merupakan bagian luar penyusun dari batang pisang sehingga dimungkinkan mempunyai karakteristik yang mirip.

Komponen total fenolik suatu bahan dapat meningkatkan nilai FRAP (Sayago-Ayerdi *et al.*, 2014; Gu *et al.*, 2019; Cheurfa *et al.*, 2019). Komponen fenolik diketahui dapat diserap di usus halus dan meningkatkan kapasitas antioksidan total plasma sehingga dapat mengurangi akumulasi LDL teroksidasi. Disisi lain, senyawa fenolik yang terlindungi oleh matrik dinding sel tanaman dilaporkan mengalami penurunan penyerapan di usus halus dan lolos ke usus besar atau kolon (Capuano dan Pellergrini, 2019). Dalam penelitian lain disebutkan bahwa komponen total fenolik dapat meningkatkan kapasitas total antioksidan plasma dan menurunkan nilai atherogenik Indeks. Keduanya memiliki korelasi yang negatif yaitu semakin tinggi kapasitas total AO maka nilai atherogenik Indeks juga semakin rendah (Gu *et al.*, 2019).



Gambar.4.12. Nilai FRAF plasma darah tikus masing-masing kelompok. Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

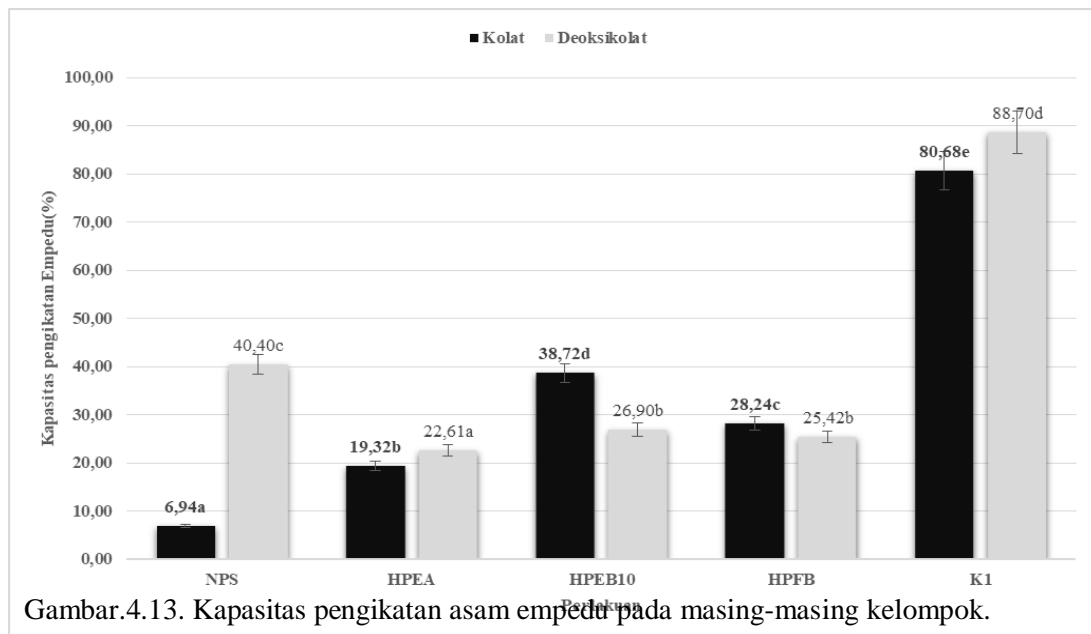
Senyawa fenolik yang lolos ke usus besar atau kolon telah dilaporkan dapat menghambat aktivitas enzim HMG CoA reduktase yang merupakan enzim yang

berperan penting dalam sintesis kolesterol. Mekanisme penghambatannya diduga melalui ikatan antara senyawa fenolik dengan sisi aktif dari enzim HMG *CoA* reduktase (Cheurfa *et al.*, 2019). Dalam penelitian ini, fenomena ini ditunjukkan oleh diet FBE pada kelompok HPFB yang menghasilkan SCFA (total, asam asetat, asam propionate, dan asam butirat) yang paling tinggi dibanding kelompok lain (Gambar 4.7). Kondisi ini diduga selain peran dari DF dan RS juga berasal dari peran komponen total fenolik yang lolos ke usus besar dan mampu difermentasi (Capuano dan Pellergrini, 2019).

4.3.8. Kapasitas Pengikatan Empedu

Kapasitas pengikatan asam empedu dilakukan secara *in vitro* menggunakan asam kolat dan asam deoksikolat. Hasil analisis kapasitas pengikatan asam kolat dan asam deoksikolat berbeda disajikan pada Gambar.4.13.

Intervensi diet tepung EBP dan *food bar* pati ganyong yang disubstitusi dengan tepung EBP dapat mengikat asam empedu kolat maupun deoksikolat. Kapasitas pengikatan asam kolat tertinggi ditunjukkan oleh pakan diet tepung EB 10 pada kelompok HPEB10 meskipun masih dibawah kapasitas senyawa kolestiramin yaitu obat penurun kolesterol yang mekanismenya mengikat asam empedu yang digunakan sebagai pembanding (Dobiasova and Frohlich, 2001).



Gambar.4.13. Kapasitas pengikatan asam empedu pada masing-masing kelompok.

Normal pakan standar (NPS), hiperkolesterol pakan standar (HPS), hiperkolesterol pakan tepung EA (HPEA), hiperkolesterol pakan tepung EB10 (HPEB10), hiperkolesterol pakan FBE (HPFB), hiperkolesterol pakan simvastatin (HPV). Notasi huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata standar deviasi pada warna bar yang sama menyatakan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Sementara itu kapasitas pengikatan asam deoksikolat tertinggi ditunjukkan oleh pakan standar (NPS) namun masih dibawah kapasitas senyawa kolestiramin. Asam kolat merupakan asam empedu primer yang diproduksi oleh tubuh kita dari hasil sintesis kolesterol. Asam deoksikolat merupakan asam empedu sekunder yang disintesis dari asam empedu primer. Komposisi asam kolat dan asam deoksikolat dalam tubuh yang sehat 41% dan 15% (Danielsson dan Sjoval, 1985). Kemampuan mengikat empedu dari diet pada kelompok HPEB10, HPFB, dan HPEA diduga berasal dari SDF dan RS yang dikandungnya. Pengikatan asam empedu diduga dilakukan dengan cara viskositas, adsorpsi dan penghambatan pembentukan misel (Surampudi *et al.*, 2016). Pengikatan dan peningkatan

ekskresi fekal asam empedu telah digunakan sebagai hipotesis mekanisme diet SDF dalam menurunkan kadar kolesterol. Pada saat konsumsi SDF tinggi, maka banyak empedu yang akan terperangkap di dalam SDF menyebabkan jumlah empedu yang diresirkulasi semakin menurun. Hal ini akan merangsang kolesterol plasma dan hati untuk dikonversi menjadi asam empedu tambahan. Penggunaan kolesterol untuk sintesis asam empedu mengakibatkan jumlah kolesterol dalam hati turun (Kahlon dan Smith, 2007).

Berdasarkan hasil analisis pengikatan empedu yang menunjukkan bahwa tepung EB10 dan FBE memiliki kapasitas pengikatan asam empedu dan data analisis SCFA yang menunjukkan kedua diet dapat menghasilkan asam propionat yang tinggi, serta terdapatnya kolesterol sekum pada diet keduanya maka kedua diet terbukti dapat menurunkan kolesterol sehingga dapat bersifat antidislipidemia melalui mekanisme (1) peningkatan ekskresi empedu, (2) penghambatan absorpsi kolesterol, (3) peningkatan asam propionat dalam digesta atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut. Komponen bioaktif yang berperan diduga SDF dan RS. Namun jika melihat penurunan kandungan SDF pada pengolahan *food bar* pati ganyong – EBP maka yang paling dominan peranannya adalah RS.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan umum dari penelitian ini adalah tepung EBP dan *food bar* yang dibuat dengan campuran pati ganyong dan tepung EBP memiliki sifat kimia, fisik dan sensorik yang dapat diterima serta cocok dikembangkan sebagai pangan yang menyehatkan karena pengaruhnya dalam memperbaiki profil lipid dan pertahanan antioksidan plasma darah pada tikus dislipidemia

Kesimpulan khusus yang dapat ditarik dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan tepung EBP dengan derajat putih paling tinggi dengan perlakuan *water blanching* suhu air mendidih diperlukan waktu 10 menit sedangkan bila dengan perendaman larutan natrium bisulfit 1%, diperlukan waktu 90 menit.
2. Berdasarkan parameter warna, kadar SDF, dan total fenolik dan sifat fisik maupun sifat kimianya, tepung EBP dengan perlakuan *water blanching* 10 menit (tepung EB10) merupakan tepung yang paling baik sehingga tepung ini yang digunakan sebagai bahan untuk substitusi pati ganyong pada pembuatan *food bar*.

3. Formula *food bar* pati ganyong – EBP yang paling baik berdasar kadar serat pangan dan total fenolik serta sifat sensoriknya adalah formula *food bar* dengan proporsi pati ganyong : tepung EB10 = 85 : 15 (FBE)
4. Tepung EB10 dan FBE dapat memperbaiki profil lipid tikus dislipidemia
Tepung EB10 dapat memperbaiki profil lipid dengan penurunan kolesterol total, kolesterol LDL dan trigliserida berturut-turut (50,89%), (57,49%) dan (35,52%) serta menaikkan kolesterol HDL 194,07%. Disamping itu tepung EBP10 juga meningkatkan pertahanan antioksidan dengan menurunkan nilai MDA plasma (65,92%) dan meningkatkan kapasitas antioksidan FRAP plasma darah (80,40%). FBE dapat memperbaiki profil lipid dengan penurunan kolesterol total, kolesterol LDL dan trigliserida berturut-turut (47,72%), (53,58%) dan (32,43%) serta menaikkan kolesterol HDL 171,05%. *Food bar* juga meningkatkan pertahanan antioksidan dengan menurunkan nilai MDA plasma (59,73%) dan meningkatkan kapasitas antioksidan FRAP plasma darah (76,62%).
5. Berdasar pengujian *in vitro* dan hasil analisis SCFA *in vivo* terbukti bahwa perbaikan profil lipid tikus yang mengkonsumsi tepung EB10 dan FBE disebabkan oleh pengaruh serat pangan dan pati resiten lewat mekanisme: (1) peningkatan ekskresi empedu, (2) penghambatan absorpsi kolesterol, (3) peningkatan asam propionat dalam digesta atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut.

5.2. Saran

- a. Kemampuan tepung empulur batang pisang dalam meningkatkan serat pangan, pati resisten, dan antioksidan tepung lokal perlu diperluas pada aneka panganan lokal lain sebagai dasar rekomendasi manfaatnya sebagai bahan pangan fungsional.
- b. Sifat gizi dalam memperbaiki profil lipid dari tepung empulur batang pisang perlu dilanjutkan dengan uji klinik pada relawan manusia sehingga dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi untuk konsumsi.

RINGKASAN

6.1. Pendahuluan

Salah satu bahan pangan yang berpotensi untuk diolah menjadi tepung tinggi serat dan antioksidan adalah empulur batang pisang (EBP). EBP merupakan limbah tanaman pisang dilaporkan mengandung serat pangan (Azis *et al.*, 2011), RS, dan antioksidan. Serat pangan, khususnya serat pangan larut air dapat memperbaiki kondisi dislipidemia dengan cara menurunkan kadar kolesterol total, LDL, trigliserida, dan meningkatkan kolesterol HDL darah secara *in vitro* maupun secara *in vivo*. EBP juga diduga mengandung RS yang tinggi karena tepung batang semu (*banana pseudo-stem flour*) varietas lokal Negara Bagian Perak Malaysia dilaporkan mengandung 28,26% pati dan RS 12,81% (Ho *et al.*, 2012). RS merupakan fraksi pati yang lolos dari pencernaan di usus halus namun dapat difermentasi oleh mikroflora di dalam usus besar (Sajilata *et al.*, 2005). RS memiliki efek fisiologis dapat memperbaiki kondisi dislipidemia dengan cara menurunkan kadar kolesterol, mengikat empedu, bersifat laksatif, dan meningkatkan SCFA (Bianchini *et al.*, 1989; Cummings *et al.*, 1996; Nugent, 2005). EBP juga mengandung antioksidan polifenol (Azis *et al.*, 2011). Beberapa senyawa antioksidan polifenol, antosianin, dan isoflavon diketahui mampu menurunkan kolesterol yaitu (Ghiseli *et al.*, 1998; Kirk *et al.*, 1998; Sayago-ayerdi *et al.*, 2014). Ketersediaan limbah EBP sangat besar sehingga memungkinkan diolah menjadi produk olahan skala industri baik skala rumahan, menengah, bahkan industri besar. EBP lokal Indonesia belum banyak diteliti sehingga informasi yang berkaitan dengan EBP masih sangat minim. Namun ketersediaan EBP dapat diperkirakan dengan mengacu pada besarnya data

tanaman pisang khususnya data panen tanaman pisang. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah produksi buah pisang dari tahun 2016, 2017, 2018 berturut-turut adalah 7.007.125 ton; 7.162.680 ton; 7.264.383 ton (BPS 2019). Dari data ini limbah EBP pisang pada ketiga tahun tersebut juga diyakini besar karena produksi buah pisang berbanding lurus dengan EBP. Berdasarkan pengamatan peneliti ketersediaan EBP sangat besar.

Saat ini, pemanfaatan limbah EBP masih sangat minim dan baru sebagai campuran pakan ternak ruminansia dengan skala rumah tangga. Walaupun beberapa potensi EBP telah diteliti antara lain sebagai sumber pektin, campuran pakan, dan campuran bahan baku industri kertas.

Padahal, adanya kandungan komponen bioaktif seperti serat pangan, RS, dan senyawa antioksidan, EBP dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional dalam wujud tepung karena lebih fleksibel untuk industri pengolahan lanjutan, menghemat ruangan, dan biaya penyimpanan (Widowati, 2009). Bahkan tepung EBP dapat ditingkatkan manfaatnya menjadi tepung EBP yang kaya serat pangan dan antioksidan. Namun masalah yang mungkin muncul adalah warna tepung EBP yang dihasilkan akan berwarna coklat kehitaman akibat aktivitas enzim *latent polyphenol oxidase* (LPPPO)/polifenolase yang mengkatalis reaksi oksidasi senyawa polifenol menjadi kuinon yang selanjutnya membentuk polimer dan menghasilkan warna coklat (Yoruk dan Marshall, 2003; Sousa Fernandes, *et al.* 2011).

Masalah warna coklat pada tepung EBP dapat ditangani dengan perlakuan *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit. *Blanching*

dimaksudkan untuk mengaktifkan enzim, meningkatkan kualitas warna dan rasa produk (Fellows, 1990; Elfresh *et al.* 2011; Nurhuda *et al.*, 2013). Di samping itu, *Blanching* diharapkan dapat mengurangi kehilangan komponen yang tidak tahan panas seperti serat pangan dan senyawa antioksidan. Sementara itu, perendaman dalam larutan natrium bisulfit atau zat pemutih dimaksudkan untuk mendegradasi polimer lignin penyebab warna coklat secara hidrolisis (Aurelia, 2016). Supaya penerapan metode *blanching* dan perendaman larutan bisulfit tepat sasaran perlu diketahui durasi waktu yang tepat melalui variasi lama *blanching* dan perendaman.

Selain itu, karakterisasi sifat fisik, kimia, dan fungsional dari tepung EBP dan pati Ganyong berbeda sehingga diperlukan proporsi kedua tepung yang sesuai dalam pengembangan produk lebih lanjut seperti halnya *food bar*. *Food bar* dapat diolah dari bahan pati ganyong yang disubstitusi menggunakan tepung EBP yang kaya serat pangan dan antioksidan. Hasil olahannya dapat diberi nama *food bar* pati ganyong - EBP. Substitusi tepung EBP dimaksudkan untuk meningkatkan kandungan serat dan antioksidan *food bar* pati ganyong - EBP. Supaya kehadiran *food bar* tersebut dapat diterima konsumen perlu dilakukan uji sensori untuk mengetahui proporsi pati ganyong : tepung EBP yang cocok dalam menghasilkan *food bar* tinggi serat dan antioksidan.

Diet yang mengandung tinggi serat dan antioksidan telah terbukti memiliki efek fisiologis terhadap kesehatan seperti menurunkan berat badan, menurunkan kerusakan oksidasi di *caecum*, juga meningkatkan efek dari senyawa bioaktif pada profil lipid pada kondisi hiperkolesterolemia dan kapasitas antioksidan (Sáyago-

Ayerdi *et al.*, 2014). Fraksi serat pangan larut yang difermentasi di kolon menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA) seperti propionat yang erat kaitannya dengan penurunan kolesterol (Cheng and Lai, 2000; Trinidad *et al.*, 2006; Wong *et al.*, 2006). Bagaimana efek fisiologis dari tepung EBP baik dalam bentuk tepung EBP maupun dalam wujud *food bar* pati ganyong – EBP? Apakah menunjukkan efek fisiologi yang sama dan bagaimana mekanismenya?

Pada penelitian ini, EBP akan diproses menjadi tepung EBP selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan substitusi pada produk *food bar* pati ganyong - EBP kemudian keduanya digunakan dalam intervensi diet pada tikus dislipidemia. Penggunaan keduanya akan dibandingkan dengan obat penurun kolesterol yaitu Simvastatin dan *Cholestyramine*. Pengaruh intervensi diet akan dilihat melalui uji profil lipid dan sifat digesta *caecum* meliputi kadar air, berat digesta, pH digesta dan kadar SCFA hewan coba. Selain itu, pada penelitian ini juga akan dilihat pengaruh keduanya terhadap kapasitas antioksidan tubuh.

Kendala yang dihadapi dalam pengolahan empulur batang pisang menjadi tepung atau produk jadi antara lain, tepung yang dihasilkan kemungkinan berwarna coklat, dalam pemanfaatannya untuk produk jadi seperti *food bar* dibutuhkan pencampuran dengan tepung lain agar dapat diterima konsumen. Disamping itu, belum ada informasi tentang apakah tepung EBP yang dihasilkan dapat memperbaiki profil lipid dan status antioksidan darah.

Untuk mengatasi proses pencoklatan dan meningkatkan kemampuan tepung EBP dalam memperbaiki profil lipid dan status antioksidan darah pada saat proses pembuatan tepung dilakukan preparasi dengan perlakuan *blanching*.

Sementara itu, agar produk olahan tepung EBP dapat diterima konsumen dapat diatasi dengan cara menyusun formulasi yang sesuai. Untuk mengetahui kemampuan tepung EBP dalam memperbaiki profil lipid dan antioksidan darah perlu dilakukan uji *in vivo* dan *in vitro*.

Tujuan umum penelitian ini adalah mempelajari pengaruh tepung empulur batang pisang (EBP) yang memperoleh perlakuan *blanching* dan *food bar* pati ganyong- EBP dalam memperbaiki profil lipid dan meningkatkan status antioksidan plasma darah. Sementara tujuan khusus penelitian ini adalah: 1) memperoleh durasi waktu perlakuan *blanching* suhu 100°C dan perendaman pada larutan Natrium Bisulfit 1% yang terbaik untuk menghasilkan warna tepung EBP dengan derajat putih tertinggi. 2) memilih tepung EBP terbaik hasil proses *blanching* dan perendaman dalam larutan natrium bisulfit berdasarkan parameter warna, kadar serat pangan larut, dan total fenolik. Karakterisasi sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung EBP terpilih. Menentukan pengaruh perlakuan *blanching* suhu 100 °C dan perendaman pada larutan natrium bisulfit 1% yang terbaik terhadap komponen serat pangan, RS, dan antioksidan tepung EBP yang dihasilkan. 3) memilih *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik berdasarkan hasil uji kesukaan, kadar serat pangan larut dan kadar total fenolik yang mempunyai atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur menyerupai produk *food bar* komersial. 4) mengetahui pengaruh tepung EBP terbaik dan *food bar* – EBP tinggi serat pangan dan antioksidan terbaik terhadap profil lipid, status antioksidan tubuh, dan sifat digesta tikus hiperkolesterol serta mekanismenya. 5)

mengetahui mekanisme tepung EBP terbaik dan *food bar* pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik dalam memperbaiki profil lipid serum darah.

6.2. Bahan dan Metode

6.2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian adalah limbah empulur batang pisang Cavendis dari perkebunan pisang PT *Nusantara Tropical Farm* (NTF) di Terbanggi Besar, Lampung Tengah, Lampung. Bahan baku pembuatan *food bar* yang digunakan adalah pati Ganyong diperoleh dari Kelompok Petani Mekar Sari, Sendangsari, Kulonprogo. Margarin, gula, dan glukosa sirup diperoleh dari pasar Swalayan Mirota, Yogyakarta.

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain petroleum eter, katalisator, H₂SO₄ pekat, Aquades, BCG-MR, Asam borat 4%. HCl 0,02 N, 0,1 M Buffer pH 6, enzim α -amylase (Sigma), enzim pepsin (sigma), enzim pankreatin (Sigma).

Pada eksperimen secara *in vivo* akan digunakan Tikus *Sprague Dawley* jantan, umur 2 bulan, berat 180-200 gram dari Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (PSPG-UGM) Yogyakarta. Diet hewan coba yang digunakan adalah pakan standar *American Institute Nutrition* AIN 93 M, (Reeves, Nielsen, & Fahey, 1993) pakan hiperkolesterol mengandung kolesterol 10 g/kg pakan, dan AIN 93 M modifikasi.

Peralatan yang digunakan berupa peralatan untuk blanching seperti, oven (Juan EB 1000, Jerman), Whiteness Tester (Kelt C-100-3 Jepang), dan peralatan untuk pembuatan food bar, meliputi mixer, cetakan food bar, timbangan analitik,

oven listrik, loyang tempat adonan, dan sendok. Unit peralatan untuk analisis kimia yang meliputi kadar air (oven, eksikator, penjepit), kadar abu (kurs porselen, muffle, eksikator, oven), lemak (soxhlet, oven, botol timbang, kertas saring, kapas), protein (labu kjeldahl, erlenmeyer, alumunium foil, waterbath shaker, pH meter, timbangan analitik), unit peralatan untuk pengujian fisik (Universal Texture Analyzer), Scanning Electron Microscope/SEM (Hitachi seri SU1510), dan peralatan pengujian sensoris (ruang uji sensoris, cawan, borang penilaian), serta peralatan untuk analisis serat pangan dan uji total phenol dan aktivitas antioksidan. Peralatan untuk analisis SCFA berupa seperangkat peralatan Gas Chromatography/GC (Shimadzu seri GC 8)

6.2.2. Metode

6.2.2.1. Tahap 1: Pemilihan tepung EBP terbaik dan karakterisasi tepung EBP dan pati Ganyong

- Tujuan penelitian tahap I adalah memperoleh durasi waktu perlakuan *Blanching* suhu 100°C & perendaman pd larutan Natrium Bisulfit 1% yg terbaik untuk menghasilkan warna tepung EBP dgn derajat putih tertinggi. Disamping itu, tahap ini juga bertujuan untuk memilih tepung EBP terbaik hasil proses *blanching* & perendaman dlm larutan natrium bisulfit berdasarkan parameter warna, kadar serat pangan larut, & total fenolik. Penelitian pada tahap ini diawali dengan membuat tepung empulur batang pisang yang dipreparasi dengan perlakuan *blanching* pada suhu air mendidih dengan variasi lama (durasi) *blanching* yaitu 5, 10, 15, 20 menit dan perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% dengan variasi lama (durasi) perendaman dalam larutan natrium bisulfit selama 30, 60, 90, 120 menit. Selain pembuatan tepung EBP yang dipreparasi

dengan perlakuan blanching dan perendaman, juga dibuat tepung EBP tanpa perlakuan atau tepung EBP alami (EA) yang digunakan sebagai tepung control. Pembuatan tepung EBP pada penelitian ini menggunakan prosedur pembuatan tepung oleh Nurhayati *et al.* (2015) yang dimodifikasi. Tepung empulur batang pisang (EBP) diperoleh dengan cara mengambil empulur dari batang pisanganya. Pencucian dilakukan untuk membersihkan EBP menggunakan air bersih. Selanjutnya, EBP diolah sesuai variasi proses pengolahan (tanpa perlakuan (alami), *blanching*, suhu 100 °C, perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1%). Selanjutnya masing-masing irisan EBP dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C selama \pm 96 jam sampai kering. Irisan EBP yang telah kering kemudian digiling sampai halus dan diayak dengan pengayakan 80 mesh. Hasilnya berupa tepung EBP alami (EA), 4 (empat) tepung EBP perlakuan *blanching* yaitu EBP blanching 5 menit (EB5), EBP blanching 10 menit (EB10), EBP blanching 15 menit (EB15) dan EBP blanching 20 menit (EB20), dan 4 (empat) perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit, yaitu EBP perendaman dalam larutan bisulfit selama 30 menit (ER30), EBP perendaman dalam larutan bisulfit selama 60 menit (ER60), EBP perendaman dalam larutan bisulfit selama 90 menit (ER90) dan EBP perendaman dalam larutan bisulfit selama 120 menit (ER120). Selanjutnya berdasarkan indeks keputihan atau derajat putih tepung ditentukan tepung terbaik dari masing-masing perlakuan. Setelah diperoleh tepung terbaik dari masing-masing perlakuan dilakukan pemilihan kembali berdasarkan parameter warna, kandungan serat pangan larut, dan komponen total fenolik. Pada tahap pemilihan ini selain dua tepung terbaik yang berasal dari masing-masing perlakuan juga

diikutsertakan tepung control yaitu tepung EBP alami tanpa perlakuan (EA). Hasil pemilihan tahap ini adalah satu tepung terbaik yang akan ditentukan karakterisasi tepung yang meliputi komposisi kimia (progsimat), sifat fisik seperti penentuan tekstur tepung dengan alat dan mikrostruktur (SEM) dan analisis fungsional seperti WHC, OHC, SC,CEC, dan sifat fasting.

6.2.2.2. Tahap 2: Pemilihan *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan

Tujuan penelitian pada tahap ini adalah memilih *food bar* pati ganyong - EBP mana yang terbaik dari enam *food bar* pati ganyong – EBP yang akan diolah yaitu *food bar* yang berasal dari pati ganyong dan tepung EBP dengan proporsi pati ganyong : tepung EBP 100:0, 95:5, 90:10, 85:15, 80:20 dan 75:25. Pemilihan dilakukan berdasarkan uji kesukaan, kadar serat pangan total, kadar total fenolik yang mempunyai atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur mendekati produk *food bar* komersial. Pelaksanaan penelitian *food bar* pati ganyong – EBP dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut: (1) penentuan proporsi pati ganyong : tepung EBP, (2) pembuatan *food bar* berdasarkan proporsi yang telah ditentukan, (3) uji kimia, uji fisik, dan uji sensoris kesukaan terhadap *food bar* pati ganyong – EBP, (4) pemilihan satu *food bar* pati ganyong – EBP terbaik berdasarkan uji kesukaan, kadar serat pangan larut dan komponen total fenolik diantara 6 (enam) *food bar* yang diolah dengan variasi proporsi pati ganyong : tepung EBP ((100:0); (95:5); (90:10); (85:15); (80:20); (75:25)).

Proporsi pati ganyong – EBP pada pembuatan *food bar* menggunakan cara seperti yang dikerjakan oleh Pramitasari (2015) dengan modifikasi bahan yang digunakan

dan kandungan gizi. Setelah diperoleh 6 food bar dari masing-masing proporsi pati ganyong –EBP dilakukan analisis yang meliputi pengukuran sifat kimia *food bar* pati Ganyong meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, protein dan karbohidrat *by different*, serta serat pangan, komponen total fenolik, aktivitas antioksidan, dan uji sensori, dan penentuan food bar pati ganyong- EBP terbaik (FBE). Penentuan *foot bar* terbaik dilakukan dengan menggunakan cara pembobotan (Pradita, 2015 yang dimodifikasi) pada beberapa atribut *food bar*. Sistem pembobotan dilakukan pada uji kesukaan, uji sifat fisik, dan kimia. Sebelum diberi bobot dilakukan pemberian nilai pada uji kesukaan dengan kriteria nilai 3 untuk respon kesukaan terbaik, dan nilai 1 untuk nilai kesukaan paling jelek. Penilaian untuk uji sifat kimia diberikan pada hasil uji serat pangan larut dan total fenolik dengan nilai 3 untuk kadar tertinggi dan nilai 1 untuk kadar terendah. Kemudian dilanjutkan dengan pemberian bobot untuk masing-masing atribut yang nilainya disesuaikan dengan pentingnya peranan atribut dalam pemilihan. Bobot nilai untuk uji kesukaan sebesar 40% sedangkan serat pangan larut 30% dan komponen total fenolik diberi bobot nilai sebesar 30%.

6.2.2.3. Tahap 3: Uji sifat gizi *in vivo* dan *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tepung EBP terbaik dan *food bar* – EBP tinggi serat pangan dan antioksidan terbaik terhadap profil lipid, status antioksidan tubuh, dan sifat digesta tikus hiperkolesterol serta mekanismenya. Di samping itu, pada tahap ini juga bertujuan mengetahui

mekanisme tepung EBP terbaik dan *food bar* pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan terbaik dalam memperbaiki profil lipid serum darah.

Pembuatan pakan dalam penelitian didahului oleh proses analisis proksimat, serat pangan, RS, antioksidan untuk mengetahui komposisi kimia sampel yang akan diujicobakan. Penelitian ini menggunakan tiga jenis diet yaitu pakan standar AIN 93M, pakan tinggi lemak, dan pakan AIN 93M yang telah dimodifikasi. Pakan standar dibuat berdasarkan standar dari formula basal yang telah ditetapkan oleh *American Institute of Nutrition* 1993 (AIN'93 M). Cara membuat pakan yaitu bahan-bahan seperti pati jagung, sukrosa, casein, minyak kedelai, CMC, dan tepung EBP/FBE dicampur sebagai campuran pertama. Campuran kedua diperoleh dengan mencampurkan vitamin, mineral, dan kholin bitartat. Kedua campuran dicampur secara bertahap sedikit demi sedikit sambil diaduk hingga homogen. Selanjutnya adonan dicetak. Hasil pakan yang dihasilkan berbentuk selinder panjang, dipotong menjadi lebih pendek (± 5 cm) selanjutnya dikeringkan pada oven suhu 50°C selama 24 jam. Sementara itu, pakan tinggi lemak merupakan pakan yang mengandung kolesterol sebanyak 10 g/kg pakan (Serougne *et al.*, 1995) selama 7 hari. Selanjutnya, dilakukan intervensi pada hewan coba yaitu tikus *Sprague Dawley* jantan berumur umur 2 bulan, berat badan 150-200 g diperoleh dari Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada (PSPG-UGM), Yogyakarta. Jumlah tikus yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 30 ekor yang dibagi menjadi 6 kelompok dengan jumlah tikus masing-masing kelompok sebanyak 5 ekor. Enam (6) kelompok tikus dalam penelitian ini yaitu kelompok normal diberi pakan

standar AIN 93 M (kontrol normal/NPS), hiperkolesterolemia diberi pakan standar AIN 93 M tanpa perlakuan (kontrol negatif/HPS), hiperkolesterolemia diberi pakan tepung EBP alami (HPEA), hiperkolesterolemia diberi pakan tepung EBP *blanching* (HPEB10), hiperkolesterolemia diberi pakan *food bar* pati ganyong - EBP (HPFB), dan hiperkolesterolemia diberi pakan standar AIN 93 M disertai pemberian obat simvastatin. Tikus diadaptasikan selama 4 hari dengan pakan standar AIN'93 M. Selama masa adaptasi, tikus diberikan akses pada makanan dan air secara *ad libitum*. Pada hari ke-8 tikus dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok tikus normal (5 ekor) dan kelompok tikus yang diinduksi hiperkolesterolemia (25 ekor). Tikus diinduksi hiperkolesterolemia dengan cara pemberian pakan yang mengandung kolesterol sebanyak 10 g/kg pakan selama 7 hari. Pemberian pakan dilakukan setiap hari secara *ad libitum*. Setelah itu dilakukan pengambilan darah untuk mengetahui profil lipid dari tikus normal dan tikus yang diinduksi hiperkolesterolemia. Diharapkan tikus yang diinduksi telah mencapai kondisi hiperkolesterolemia, yaitu kadar kolesterol darah > 200 mg/dl. Intervensi dilakukan selama 4 minggu. Makanan dan air diberikan secara *ad libitum*. Simvastatin diberikan melalui sonde dengan 3ml/200gr. Berat pakan dan sisa pakan dicatat setiap hari, sedangkan berat badan dan berat feses dicatat tiga hari sekali. Selama 4 minggu, tikus diambil darahnya seminggu sekali dari pembuluh mata (*retro orbital plexus*) untuk dianalisa profil lipid dan dihitung Indeks Atherogenik Plasma (IAP).

Setelah 4 minggu perlakuan, tikus dianestesi untuk kemudian dibedah dan diambil *caecum*nya. *Digesta* diambil dari *caecum* tikus, untuk kemudian dianalisa

meliputi berat digesta, kadar air digesta, pH digesta, kadar kolesterol digesta, dan konsentrasi SCFA.

6.3. Hasil dan Pembahasan

6.3.1. Tahap I: Pemilihan Tepung EBP terbaik, karakterisasi tepung EBP dan pati Ganyong

Hasil pemilihan tepung EBP perlakuan blanching suhu 100 °C pada variasi lama waktu yaitu 5, 10, 15, dan 20 menit berdasarkan parameter derajat keputihan tepung diperoleh tepung EBP perlakuan blanching selama 10 menit (EB10) sebagai tepung terbaik dengan derajat putih sebesar $56,74 \pm 0,31$. Hasil pemilihan tepung EBP perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% pada variasi lama perendaman yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit berdasarkan parameter derajat keputihan tepung diperoleh tepung EBP perlakuan perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit (ER90) sebagai tepung terbaik dengan derajat putih tepung sebesar $62,58 \pm 0,08$. Selanjutnya pemilihan tepung EBP terbaik berdasarkan warna (indeks keputihan), kandungan serat larut, dan komponen total fenolik diantara 3 (tiga) tepung EBP yaitu tepung EBP alami (EA), tepung EBP EB10, dan tepung ER90 diperoleh tepung EB10 sebagai tepung terbaik. Tepung EB10 memiliki karakteristik fisik (warna): Indeks Keputihan (WI) $56,74 \pm 0,31$. Karakteristik kimia: kadar air $6,19 \pm 0,12$ % w.b, abu $26,01 \pm 0,01$ %, lemak $0,89 \pm 0,03$ %, protein $7,22 \pm 0,06$ %, karbohidrat (*by difference*) $59,69 \pm 1,89$ %, serat pangan tidak larut $37,92 \pm 0,62$ %, serat pangan larut $5,90 \pm 0,27$ %, total serat pangan $43,82 \pm 0,36$ %, RS $13,13 \pm 0,32$ %, total fenolik $132,81 \pm 2,14$ mg/100 g, dan aktivitas antioksidan $18,04 \pm 0,23$ % RSA. Karakteristik fungsional: WHC $443,97 \pm 0,97$ %, OHC $297,25 \pm 2,44$ %, SC

869,14 \pm 2,07 %, dan CEC 76,99 \pm 1,15 meq/kg. Sementara itu karakterisasi pati ganyong sebagai berikut: Indeks Keputihan (WI) 56,74 \pm 0,31. Karakteristik kimia: kadar air 17,7 \pm 0,21 % .w.b, abu 0,03 \pm 0,00 %, lemak 0,29 \pm 0,00 %, protein 0,17 \pm 0,00 %, karbohidrat (*by difference*) 81,8 \pm 0,21 %, serat pangan tidak larut 5,94 \pm 0,41 %, serat pangan larut 1,43 \pm 0,13 %, total serat pangan 7,37 \pm 0,33 %, RS 13,32 \pm 0,64 %, total fenolik 0,18 \pm 0,06 mg/100 g, dan aktivitas antioksidan 7,24 \pm 0,24 % RSA. Karakteristik fungsional: WHC 165,56 \pm 0,35 %, OHC 164,89 \pm 1,48 %, SC 191,99 \pm 2,72 %, dan CEC 8,60 \pm 0,01 meq/kg.

6.3.1. Tahap II: Pemilihan *food bar* pati ganyong - EBP tinggi serat dan antioksidan

Hasil pemilihan *food bar* pati ganyong – EBP tinggi serat dan antioksidan berdasarkan parameter uji kesukaan (hedonik), serat pangan larut, dan komponen total fenolik diperoleh *food bar* pati ganyong – EBP dengan rasio pati ganyong: EBP 85:15 (FBE) sebagai *food bar* pati ganyong – EBP terbaik. *Food bar* ini memiliki tingkat kesukaan mendekati *food bar* komersial yang digunakan sebagai pembandingan (kontrol). Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi tepung EBP (EB10) pada pati Ganyong dalam pembuatan produk *food bar* terbukti dapat meningkatkan kandungan serat pangan dan antioksidan *food bar* yang dihasilkan. FBE mengandung total serat pangan sebesar 7,5 g/100g. Berdasarkan kandungan serat yang dimilikinya, FBE termasuk dalam pangan tinggi serat

6.3.1. Tahap III: Uji sifat gizi *in vivo* dan *in vitro* tepung EBP dan *food bar* pati ganyong – EBP

Hasil uji *in vivo* dengan *bioassay* menggunakan tikus percobaan yang diberi diet tepung EBP *blanching* 100 °C (EB10) dan *food bar* pati ganyong-EBP

(FBE) selama empat minggu sebagai berikut: (1) menurunkan kadar kolesterol total, kolesterol LDL, trigliserida, serta meningkatkan HDL, (2) menurunkan indeks aterogenik, (3) meningkatkan total asam lemak rantai pendek (SCFA), (4) meningkatkan antioksidan plasma yang ditandai dengan penurunan kadar MDA plasma sebesar 5,86 nmol/ml oleh tepung EB10 dan 5,31 nmol/ml oleh FBE dan meningkatkan nilai FRAP sebesar 55,72 % oleh tepung EB10 dan 44,44 % oleh FBE.

Mekanisme efek dalam memperbaiki profil lipid darah dari tepung EB10 dan FBE sebagai berikut: 1) tepung EB10 dan FBE memiliki kadar serat larut, pati resistant, dan antioksidan; 2) tepung EB10 dan FBE mempunyai kapasitas pengikatan asam empedu untuk asam kholat dan asam deoksikolat; 3) tepung EBP EB10 dan FBE diduga mampu mencegah sintesis kolesterol. Hal ini dibuktikan dengan pola rasio molar SCFA untuk asetat dan propionate yang berperan dalam pencegahan sintesis kolesterol mempunyai proporsi lebih dominan yaitu masing-masing sebesar 54,31% molar : 35,35% molar untuk FBE dan 57,90% molar: 29,73% molar untuk tepung EB10.

6.4. Kesimpulan

Kesimpulan umum dari penelitian ini adalah bahwa tepung empulur batang pisang (EBP) yang memperoleh perlakuan *blanching* dan food bar pati ganyong – EBP dapat memperbaiki profil lipid dan meningkatkan status antioksidan plasma darah.

1. Sepuluh menit merupakan durasi waktu yang terbaik untuk perlakuan *blanching* suhu air mendidih untuk menghasilkan warna tepung EBP

dengan derajat putih tertinggi, yaitu $56,74 \pm 0,31$. Sementara 90 menit merupakan durasi waktu yang terbaik untuk perlakuan perendaman pada larutan natrium bisulfit 1% guna menghasilkan warna tepung EBP dengan derajat tertinggi, $68,87 \pm 0,17$.

2. Tepung EBP yang mendapat perlakuan *water blanching* 10 menit (EB10) terpilih sebagai tepung terbaik berdasarkan parameter warna, kadar serat pangan larut, dan total fenolik. Tepung EB10 memiliki Indeks Keputihan (WI) $56,74 \pm 0,31$, serat pangan larut $5,90 \pm 0,27$ %, RS $13,13 \pm 0,32$ %, total fenolik $132,81 \pm 2,14$ mg/100 g, Karakteristik fungsional: WHC $443,97 \pm 0,97$ %, OHC $297,25 \pm 2,44$ %, SC $869,14 \pm 2,07$ %, dan CEC $76,99 \pm 1,15$ meq/kg.
3. *Food bar* pati ganyong – EBP yang diolah dengan proporsi pati ganyong : tepung EB10 85:15 (FBE) terpilih sebagai *food bar* terbaik berdasarkan parameter uji kesukaan (hedonik), kadar serat pangan larut, dan kadar total fenolik. *Food bar* ini mempunyai atribut warna, aroma, rasa, dan tekstur menyerupai produk *food bar* komersial.
4. Pemberian diet tepung EB10 dan FBE dapat memperbaiki profil lipid tikus *Sprague Dawley* hiperkolesterolemia dengan cara menurunkan konsentrasi kolesterol total (50,89%), kolesterol LDL (57,49%), trigliserida (35,52%), dan meningkatkan konsentrasi kolesterol HDL(194,07%). Diet pakan keduanya juga dapat meningkatkan status antioksidan darah dengan cara menurunkan nilai MDA plasma (65,92%) dan meningkatkan kapasitas

antioksidan FRAP plasma darah (55,72%). Diet pakan tepung EB10 dan FBE dapat menghasilkan SCFA terutama asam propionat.

5. Mekanisme sifat gizi diet pakan tepung EB10 dan FBE mampu memperbaiki profil lipid serum darah yang berasal dari aktifitas komponen serat pangan larut dan RS melalui, yaitu (a) peningkatan ekskresi empedu, (b) penghambatan absorpsi kolesterol, (c) peningkatan asam propionat dalam digesta atau gabungan dari ke tiga kemungkinan tersebut.

SUMMARY

7.1. Introduction

One food that has the potential to be processed into high-fiber flour and antioxidants is banana stem pith (EBP). EBP is a banana plant waste reported to contain food fiber (Azis et al., 2011), RS, and antioxidants. Food fiber, especially water soluble fiber can improve the condition of dyslipidemia by reducing total cholesterol, LDL, triglyceride, and increasing blood HDL cholesterol in vitro or in vivo. EBP is also thought to contain high RS because banana pseudo-stem flour of the local variety of the State of Perak Malaysia is reported to contain 28.26% starch and RS 12.81% (Ho et al., 2012). escapes from digestion in the small intestine but can be fermented by microflora in the large intestine (Sajilata et al., 2005). RS has physiological effects that can improve the condition of dyslipidemia by reducing cholesterol levels, binding bile, laxative, and increasing SCFA (Bianchini et al., 1989; Cummings et al., 1996; Nugent, 2005). EBP also contains antioxidant polyphenols (Azis et al., 2011). Some of the antioxidant compounds polyphenols, anthocyanins, and isoflavones are known to reduce

cholesterol (Ghiseli et al., 1998; Kirk et al., 1998; Sayago-ayerdi et al., 2014). The availability of EBP waste is very large so that it is possible to be processed into processed products of industrial scale both at home, medium and even large scale industries. Indonesia's local EBP has not been much researched so information relating to EBP is still very minimal. However, the availability of EBP can be estimated by referring to the amount of banana plant data, especially banana crop harvest data. Based on data from the Central Statistics Agency (BPS), total banana production from 2016, 2017, 2018 in a row was 7,007,125 tons; 7,162,680 tons; 7,264,383 tons (BPS 2019). From this data the EBP waste of bananas in the third year is also believed to be large because the production of bananas is directly proportional to EBP. Based on the observations of researchers the availability of EBP is very large.

At present, the utilization of EBP waste is still very minimal and new as a mixture of ruminant animal feed at a household scale. Although several potential EBPs have been investigated, among others, as a source of pectin, feed mixtures, and mixes of paper industry raw materials.

In fact, the presence of bioactive components such as food fiber, RS, and antioxidant compounds, EBP can be used as functional food in the form of flour because it is more flexible for the advanced processing industry, saves space, and storage costs (Widowati, 2009). Even the benefits of EBP flour can be increased into EBP flour which is rich in food fiber and antioxidants. But the problem that may arise is the color of the resulting EBP flour will be blackish brown due to the activity of the latent polyphenol oxidase (LPPO) / polyphenolase enzyme which

catalyzes the oxidation reaction of polyphenol compounds into quinones which subsequently forms polymers and produces brown color (Yoruk and Marshall, 2003; Sousa Fernandes, et al. 2011).

The problem of brown color on EBP flour can be dealt with by blanching treatment and soaking in sodium bisulfite solution. Blanching is intended to activate enzymes, improve the color quality and taste of the product (Fellows, 1990; Elfresh et al. 2011; Nurhuda et al., 2013). Besides that, Blanching is expected to reduce the loss of non-heat-resistant components such as food fiber and antioxidant compounds. Meanwhile, immersion in a solution of sodium bisulfite or bleaching agent is intended to degrade the lignin polymer that causes the hydrolysis of the brown color (Aurelia, 2016). In order to apply the blanching method and soaking the bisulfite solution on target it is necessary to know the exact time duration through variations in blanching and immersion time.

In addition, the physical, chemical, and functional characterization of EBP flour and Canna starch differ so that a suitable proportion of both flour is needed in further product development such as food bars. Food bars can be processed from canned starch ingredients substituted using EBP flour which is rich in food fiber and antioxidants. The processed product can be named canna starch food bar - EBP. EBP flour substitution is intended to increase fiber content and antioxidant food bar canna starch - EBP. So that the presence of these food bars can be accepted by consumers, it is necessary to do a sensory test to determine the proportion of canna starch: EBP flour which is suitable in producing high-fiber and antioxidant food bars.

Diets containing high fiber and antioxidants have been shown to have physiological effects on health such as weight loss, decreasing oxidative damage in the cecum, also increasing the effects of bioactive compounds on lipid profiles in hypercholesterolemic conditions and antioxidant capacity (Sáyago-Ayerdi et al., 2014) . The fraction of soluble food fiber fermented in the colon produces short chain fatty acids (SCFA) such as propionate which are closely related to the reduction of cholesterol (Cheng and Lai, 2000; Trinidad et al., 2006; Wong et al., 2006). What is the physiological effect of EBP flour both in the form of EBP flour and in the form of canna starch - EBP food bar? Does it show the same physiological effect and how is the mechanism?

In this study, EBP will be processed into EBP flour then used as a substitution material in canna starch food bar products - EBP then both are used in dietary interventions in dyslipidemic rats. Their use will be compared with cholesterol-lowering drugs namely Simvastatin and Cholestyramine. The effect of dietary intervention will be seen through the test of lipid profile and the nature of digesta caecum including water content, digesta weight, digesta pH and SCFA levels of experimental animals. In addition, this study will also look at the effect of both of them on the body's antioxidant capacity.

Constraints faced in processing banana stem pith into flour or finished products, among others, the flour produced is likely to be brown, in its use for finished products such as food bars, mixing with other flour is needed to be accepted by consumers. In addition, there is no information on whether EBP flour produced can improve lipid profile and blood antioxidant status.

To overcome the browning process and improve the ability of EBP flour to improve lipid profile and blood antioxidant status during the flour making process, preparations are made by blanching treatment. Meanwhile, in order for EBP flour products to be accepted by consumers, it can be overcome by preparing an appropriate formulation. To find out the ability of EBP flour to improve lipid profile and blood antioxidants it is necessary to do in vivo and in vitro tests.

The general objective of this study was to study the effect of banana stem pith flour (EBP) which obtained blanching and canna starch-EBP food bar treatment in improving lipid profile and increasing the antioxidant status of blood plasma. While the specific objectives of this study are: 1) obtaining the duration of blanching treatment temperature of 100°C and immersion in the best solution of Sodium Bisulfite 1% to produce the highest color EBP flour color. 2) selecting the best EBP flour from blanching and immersion in sodium bisulfite solution based on color parameters, soluble dietary fiber content, and total phenolic. Characterization of the physical, chemical and functional properties of selected EBP flour. Determine the effect of the 100 ° C blanching treatment and the best soaking on the 1% sodium bisulfite solution on the components of food fiber, RS, and antioxidant flour produced by EBP. 3) choose the canna starch food bar - EBP high in fiber and the best antioxidants based on the results of the test of preference, levels of soluble food fiber and total phenolic content that have color, aroma, taste, and texture attributes resembling commercial food bar products. 4) determine the effect of the best EBP flour and food bar - EBP high in food fiber and the best antioxidants on lipid profile, the antioxidant status of the body, and

the digestion properties of hypercholesterolemic mice and their mechanisms. 5) find out the best EBP flour mechanism and canna starch food bar - high fiber EBP and the best antioxidant in improving blood serum lipid profile.

7.2. Material and Method

7.2.1. material

The main ingredient used in this research is Cavendis banana stem pith waste from the PT Nusantara Trofical Farm (NTF) banana plantation in Terbanggi Besar, Central Lampung, Lampung. The raw material for making food bars used is Canna starch obtained from the Mekar Sari Farmers Group, Sendangsari, Kulonprogo. Margarine, sugar and glucose syrup were obtained from Mirota Supermarkets, Yogyakarta.

The chemicals used in this study include petroleum ether, catalyst, concentrated H₂SO₄, Aquades, BCG-MR, boric acid 4%. HCl 0.02 N, 0.1 M Buffer pH 6, α -amylase enzyme (Sigma), pepsin enzyme (sigma), pancreatin enzyme (Sigma).

In the in vivo experiment a male Sprague Dawley rat, aged 2 months, weighs 180-200 grams from the Laboratory of the Center for Food and Nutrition Studies at Gadjah Mada University (PSPG-UGM) Yogyakarta. The animal diet used was standard American Institute Nutrition AIN 93 M, (Reeves, Nielsen, & Fahey, 1993) hypercholesterolemia feed containing 10 g / kg of cholesterol, and modified AIN 93 M.

Equipment used in the form of equipment for blanching such as, ovens (Juan EB 1000, Germany), Whiteness Tester (Celtic C-100-3 Japan), and

equipment for making food bars, including mixers, food bar molds, analytical scales, electric ovens, the dough pan, and the spoon. Unit of equipment for chemical analysis which includes water content (oven, excitator, tongs), ash content (porcelain exchange rate, muffle, excitator, oven), fat (soxhlet, oven, weighing bottle, filter paper, cotton), protein (kjeldahl flask, erlenmeyer, aluminum foil, waterbath shaker, pH meter, analytical scales), unit of equipment for physical testing (Universal Texture Analyzer), Scanning Electron Microscope / SEM (Hitachi series SU1510), and sensory testing equipment (sensory test chambers, plates, assessment forms), as well as equipment for food fiber analysis and total phenol testing and antioxidant activity. The equipment for SCFA analysis is a set of Gas Chromatography / GC equipment (Shimadzu GC 8 series)

6.2.2.3. Stage 3: Test the nutritional properties of in vivo and in vitro EBP flour and canna starch food bars - EBP

This stage aims to determine the effect of the best EBP flour and food bar - EBP high in food fiber and the best antioxidants on the lipid profile, the antioxidant status of the body, and the digestion properties of hypercholesterolemic mice and their mechanisms. In addition, at this stage also aims to determine the mechanism of the best EBP flour and canna starch food bar - high fiber EBP and the best antioxidants in improving blood lipid profile.

The manufacture of feed in the study was preceded by the analysis process of progeny, food fiber, RS, antioxidants to determine the chemical composition of the sample to be tested. This study uses three types of diets namely AIN 93M standard feed, high-fat feed, and modified AIN 93M feed. Standard feed is made

based on standards from the basal formula established by the American Institute of Nutrition 1993 (AIN'93 M). How to make feed that is ingredients such as corn starch, sucrose, casein, soybean oil, CMC, and EBP / FBE flour are mixed as the first mixture. The second mixture is obtained by mixing vitamins, minerals and kholin bitartate. The two mixtures are mixed gradually little by little while stirring until homogeneous. Then the dough is printed. The resulting feed is in the form of a long cylinder, cut into shorter pieces (± 5 cm) and then dried in an oven at 50°C for 24 hours. Meanwhile, high-fat feed is food that contains cholesterol as much as 10 g / kg of feed (Serougne et al., 1995) for 7 days. Subsequently, an intervention was performed on experimental animals, namely male Sprague Dawley rats aged 2 months, body weight 150-200 g obtained from the Laboratory of the Center for Food and Nutrition Studies at Gadjah Mada University (PSPG-UGM), Yogyakarta. The number of mice used in this study was 30 heads divided into 6 groups with 5 mice each group. Six (6) groups of mice in this study were normal group fed AIN 93 M standard (normal control / NPS), hypercholesterolemia fed AIN 93 M standard feed without treatment (negative control / HPS), hypercholesterolemia fed with natural EBP flour feed (HPEA) , hypercholesterolemia was fed EBP blanching flour (HPEB10), hypercholesterolaemia was fed canna starch food bar - EBP (HPFB), and hypercholesterolaemia was fed standard AIN 93 M supplemented with the administration of simvastatin. Mice were adapted for 4 days with AIN'93 M. standard feed. During the adaptation period, mice were given access to food and water ad libitum. On the 8th day the rats were divided into two groups, namely the

normal mouse group (5 tails) and the hypercholesterolemia-induced rat group (25 tails). Hypercholesterolemia-induced mice by feeding cholesterol containing 10 g / kg of feed for 7 days. Feeding is done every day on an ad libitum basis. After that the blood was taken to determine the lipid profile of normal mice and mice induced by hypercholesterolemia. It is hoped that the induced mice have reached the hypercholesterolemia condition, which is a blood cholesterol level > 200 mg / dl. The intervention was carried out for 4 weeks. Food and water are given ad libitum. Simvastatin is given through a sonde with 3ml / 200gr. The weight of the feed and the rest of the feed are recorded every day, while the body weight and weight of the faeces are recorded every three days. For 4 weeks, rats were drawn blood once a week from the eye vessels (retro orbital plexus) to analyze the lipid profile and calculated the Atherogenic Plasma Index (IAP).

After 4 weeks of treatment, the rats were anesthetized for surgery and caecum was taken. Digesta was taken from rat caecum, and then analyzed including digesta weight, digesta water content, digesta pH, digesta cholesterol level, and SCFA concentration.

7.3. Results and Discussion

7.3.1. Stage I: Selection of the best EBP flour, characterization of EBP flour and Canna starch

The results of the selection of EBP flour blanching treatment temperature of 100 ° C in the time variation of 5, 10, 15, and 20 minutes based on the parameters of the whiteness of flour obtained EBP flour blanching treatment for 10 minutes (EB10) as the best flour with white degrees of 56.74 ± 0.31 . The results of the selection of EBP flour immersion treatment in sodium bisulfite

solution 1% on the variation of immersion time is 30, 60, 90, and 120 minutes based on the parameters of the degree of flour whiteness obtained EBP flour immersion treatment in 1% sodium bisulfite solution for 90 minutes (ER90) as flour the best with the white degree of flour is 62.58 ± 0.08 . Furthermore, the selection of the best EBP flour based on color (whitish index), soluble fiber content, and the total phenolic component between 3 (three) EBP flour namely natural EBP flour (EA), EBP flour EB10, and ER90 flour obtained EB10 flour as the best flour. EB10 flour has physical characteristics (color): Leucorrhea Index (WI) 56.74 ± 0.31 . Chemical characteristics: water content $6.19 \pm 0.12\%$.wb, ash $26.01 \pm 0.01\%$, fat $0.89 \pm 0.03\%$, protein $7.22 \pm 0.06\%$, carbohydrate (by difference) $59.69 \pm 1.89\%$, insoluble food fiber $37.92 \pm 0.62\%$, soluble food fiber $5.90 \pm 0.27\%$, total food fiber $43.82 \pm 0.36\%$, RS 13, $13 \pm 0.32\%$, total phenolic 132.81 ± 2.14 mg / 100 g, and antioxidant activity $18.04 \pm 0.23\%$ RSA. Functional characteristics: WHC $443.97 \pm 0.97\%$, OHC $297.25 \pm 2.44\%$, SC $869.14 \pm 2.07\%$, and CEC 76.99 ± 1.15 meq / kg. Meanwhile the characterization of canna starch is as follows: Leucorrhea Index (WI) 56.74 ± 0.31 . Chemical characteristics: water content $17.7 \pm 0.21\%$.wb, ash $0.03 \pm 0.00\%$, fat $0.29 \pm 0.00\%$, protein $0.17 \pm 0.00\%$, carbohydrate (by difference) $81.8 \pm 0.21\%$, insoluble food fiber $5.94 \pm 0.41\%$, insoluble food fiber $1.43 \pm 0.13\%$, total food fiber $7.37 \pm 0.33\%$, RS 13, $32 \pm 0.64\%$, total phenolic 0.18 ± 0.06 mg / 100 g, and antioxidant activity $7.24 \pm 0.24\%$ RSA. Functional characteristics: WHC $165.56 \pm 0.35\%$, OHC $164.89 \pm 1.48\%$, SC $191.99 \pm 2.72\%$, and CEC 8.60 ± 0.01 meq / kg.

7.3.1. Phase II: Selection of canna starch food bars - EBP high in fiber and antioxidants

The results of the selection of canna starch food bar - EBP high in fiber and antioxidants based on the preference test parameters (hedonic), soluble food fiber, and the total phenolic component obtained canna starch food bar - EBP with canna starch ratio: EBP 85:15 (FBE) as food bar canna starch - the best EBP. This food bar has a level of preference close to commercial food bars that are used as a comparison (control). The results showed that the substitution of EBP flour (EB10) in Canna starch in the manufacture of food bar products was proven to increase the content of food fiber and antioxidant food bar produced. FBE contains total food fiber of 7.5 g / 100g. Based on its fiber content, FBE is included in high fiber foods

6.3.1. Stage III: Test the nutritional properties of in vivo and in vitro EBP flour and canna starch food bars - EBP

The results of in vivo tests with bioassays using experimental rats fed a EBP blanching diet of 100 ° C (EB10) and canna-EBP (FBE) starch food bar for four weeks are as follows: (1) reduce levels of total cholesterol, LDL cholesterol, triglycerides, and increasing HDL, (2) decreasing the atherogenic index, (3) increasing total short chain fatty acids (SCFA), (4) increasing plasma antioxidant which is indicated by a decrease in plasma MDA levels by 5.86 nmol / ml by EB10 flour and 5, 31 nmol / ml by FBE and increased the FRAP value by 55.72% by EB10 flour and 44.44% by FBE.

The mechanism of effect in improving the blood lipid profile of EB10 and FBE flour is as follows: 1) EB10 and FBE flour have levels of soluble fiber,

starch resistant, and antioxidants; 2) EB10 and FBE flour have binding capacity of bile acids for cholic acid and deoxycholic acid; 3) EBP and FBE flour are thought to be able to prevent cholesterol synthesis. This is evidenced by the SCFA molar ratio pattern for acetate and propionate which play a role in preventing cholesterol synthesis has a more dominant proportion, each of 54.31% molar: 35.35% molar for FBE and 57.90% molar: 29.73 Molar% for flour EB10.

7.4. Conclusion

The general conclusion of this study is that banana stem pith flour (EBP) which received blanching treatment and canna starch food bar - EBP can improve lipid profile and improve blood plasma antioxidant status.

1. Ten minutes is the best duration for blanching the temperature of boiling water to produce the highest color EBP flour, which is 56.74 ± 0.31 . While 90 minutes is the best time duration for the immersion treatment of 1% sodium bisulfite solution to produce the highest degree of EBP flour color, 68.87 ± 0.17 .
2. EBP flour which gets 10 minutes of water blanching (EB10) is selected as the best flour based on color parameters, soluble food fiber content, and total phenolic. EB10 flour has a Whiteness Index (WI) of 56.74 ± 0.31 , soluble food fiber $5.90 \pm 0.27\%$, RS $13.13 \pm 0.32\%$, phenolic total 132.81 ± 2.14 mg / 100 g, Functional characteristics: WHC $443.97 \pm 0.97\%$, OHC $297.25 \pm 2.44\%$, SC $869.14 \pm 2.07\%$, and CEC 76.99 ± 1.15 meq / kg.
3. Canna starch food bar - EBP which is processed with the proportion of canna starch: EB10 85:15 flour (FBE) was selected as the best food bar based on preference parameters (hedonic), soluble food fiber content, and total phenolic

content. This food bar has the attributes of color, aroma, taste, and texture resembling commercial food bar products.

4. Dietary EB10 and FBE flour can improve the lipid profile of hypercholesterolemic Sprague Dawley rats by reducing total cholesterol concentration (50.89%), LDL cholesterol (57.49%), triglycerides (35.52%), and increasing cholesterol concentration HDL (194.07%). Both diet diets can also improve blood antioxidant status by reducing the value of plasma MDA (65.92%) and increasing the antioxidant capacity of blood plasma FRAP (55.72%). Diets of flour meal EB10 and FBE can produce SCFA especially propionic acid.

5. The mechanism of nutritional properties of dietary EB10 and FBE flour can improve the lipid profile of blood serum derived from the activity of soluble dietary fiber components and RS through, namely (a) an increase in bile excretion, (b) inhibition of cholesterol absorption, (c) an increase in propionic acid in digesta or a combination of the three possibilities.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A.N.A., Ho, L.H., Azahari B, Bhat R, Cheng LH and Mohamad Ibrahim MN, (2011). Chemical and functional properties of the native banana (*Musa acuminata* x *balbisiana* colla cv. awak) pseudo-stem and pseudo-stem tender core flours. *Food Chem* 128:748-753
- Adam, A., Anne, M., Verny, L., Lopez, H.W., Leuillet, M., Demigne, C., and Remesy, C. (2001). Whole Wheat and Triticale Flours with Differing Viscosities Stimulate Cecal Fermentations and Lower Plasma and Hepatic Lipids in Rats. *The Journal of Nutrition*. 131(6): 1770-1776.
- Akissoe, N., Hounhouigan, J., Mestres, C., dan Nago, M. (2003). How blanching and drying affect the colour and functional characteristics of yam (*Dioscorea cayenensis rotundata*) flour. *Food Chemistry* 82: 257-264.
- Akyildiz, A. dan Ocal, N. D. (2006). Effects of dehydration temperatures on colour and polyphenol oxidase activity of amasya and golden delicious apple cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86: 2363–2368.
- Al-Sheraji S.H, Ismail A, Manap M.Y, Mustafa S, Yusof R.M, Hassan F.A. (2013). Functional properties and characterization of dietary fiber from mangiferapajang Kort fruit pulp. *J Agric Food Chem* 59 (8): 3980–3985.
- Almond, R.R., Yang, E., Lai, W., Androulakis, I.P., Dubois, D.C., Jusko, W.J., (2008). Circadian variations in rat liver gene expression: relationships to drug actions *J. Pharmacol. Exp. Ther* 326:700-716
- Ambigaipalan, P., Hoover, R., Donner, E., Liu, Q., Jaiswal, S. dan Chibbar, R. (2011). Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. *Food Research International* 44: 2962–2974.
- Aman, A.M., Soewondo, P., Soelistijo, S.A, Arsana, P.M., Wismandari, Zufri, H dan Rosandi, R. (2019). Panduan pengelolaan Dislipidemia di Indonesia-2019. PB. Perkeni
- Anonim. (2019). Konsumsi Terigu Nasional Indonesia Tahun 2019 Mengalami Kenaikan. Di ambil dari www.bisnis.com pada bulan Maret 2020
- Anonim, (2001). AACC report, 2001. The definition of dietary fibre. *Cereal Foods World* 46: 112-126.

- Anonim. (2006). Serat Makanan dan Kesehatan. [Http://tekpan.unimus.ac.id](http://tekpan.unimus.ac.id). Diunduh pada tanggal 12 Oktober 2016.
- Anonim. (2009). Pangan dan Kesehatan: Kolesterol Tinggi. UPT Balai Informasi dan Teknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). <http://www.bit.lipi.go.id>. Diunduh pada tanggal 28 November 2016.
- Anonim. (2011). Keripik bonggol pisang, renyah dan kaya akan serat. Diambil dari <http://bisnisukm.com> pada bulan Agustus 2017
- Antolovich., Michael., Paul, D., Prenzler., Emilios, P., Suzanne, M.D. dan Kevin, R. (2012). Methods for Testing Antioxidant Activity. *Analyst* 127: 183-198.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis. 16th Edn., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., USA.
- Asih, RE. (2010). Indeks prebiotik pati resisten dari pati ganyong ungu. Tesis. FTP UGM, Yogyakarta.
- Ashogbon, A. O. dan Akintayo, E. T. (2013). Isolation and characterization of starches from two cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars. *International Food Research Journal* 20: 3093-3100.
- Asp N.G., Johansson, Halmer and Siljestrom. (1983). Rapid Enzymatic Assay of insoluble Fiber and Soluble Dietary Fiber. *Journal Agriculture Food Chemistry* 31: 467-482
- Astuti, S., Muchtadi, D., Astawan, M., Purwantara, B., Wresdiyati, T. (2009). The effects of isoflavone-riched soybean flour on MDA level, superoxide dismutase (SOD) activity and profile of Cu, Zn-superoxide dismutase (Cu, Zn-SOD) in the seminiferous tubeles of male rats testes. *J. Teknologi dan industri Pangan* 20(2):129-134
- Atnawilastra, Y. (2015). Effect of temperature and time on the starch hydrolysis of making maltodextrin from canna (*canna edulis ker*) and its application on liquid smoke microencapsulation. Tesis. FTP UGM, Yogyakarta.
- Athur, SL, 2009. Dyslipidemia and risk of coronary heart disease: Role of lifestyle approaches for its management. *American Journal of Lifestyle Medicine* 3(4):257-273.
- Aurelia, C. (2016). Pengaruh Konsentrasi Sodium Hidroksida dan Sodium Hipoklorit Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Selulosa dari Kulit Koro Pedang Putih (*Canavalia ensiformis* (L.) (DC)). Skripsi. FTP UGM, Yogyakarta.

- Auroma, O.I. (1994). Free radicals and Free radicals and antioxidant strategies in sports. *J. Nutr. Biochem* 5: 370 – 381
- Badan Pusat Statistik. (2020). Produksi Tanaman Buah-buahan pisang, 2020 Di ambil dari www.bps.go.id pada bulan Mei 2020.
- Badan Standar Nasional. (2020). Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 375-2009. Diambil dari <https://www.bsn.go.id> pada bulan Mei 2020
- Beck, M. E. (2011). *Ilmu Gizi dan Diet, Hubungannya dengan Penyakit-Penyakit untuk Perawat & Dokter*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Bello-Parez, L.A., Agama-Acevedo, E., Sanches-Hernandes, L., & Paredes-Lopez, O. (1999). Isolation and partial characterization of banana starches. *Agriculture and Food Chemistry* 47: 854-857
- Benitez V, Molla E, Martin-Cabrejas M.A, Aguilera Y, Lopez-Andreu J, Esteban R.M. (2011). Effect of sterilization on dietary fiber and physicochemical properties of onion by-products. *Food Chem* 127: 501 – 507
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power” the FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.
- Bianchini, F., Cademi, G., Dolara, P., Fantetti, L (1989). Effect of Dietary dat, starch and cellulose on fecal bile acids in mice. *J. Nut.* 119 (11): 1617-1624.
- Bidlack, W. R., W. Wang. (2000). *Designing Functional Foods to Enhance Health*. Technomic Publishing Co., Inc, Lancaster, Basel.
- Birt, D.F., T. Boylston, S. Hendrich, J.L. Jane, J. Hollis, L. Li, J. McClelland, S. Moore, G.J. Phillips, M. Rowling, K. Schalinske, M.P. Scott, and E.M. Whitley. (2015). Resistant Starch: Promise for Improving Human Health. American Society for Nutrition. *Adv. Nutr.* 4:587– 601.
- Blum, C.B. (1994). Comparison of properties of four inhibitors of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase. *Am. J. Cardiol* 73:3D-11D.
- [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan. (2011). *Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Tahun 2011 tentang Pengawasan Klaim dalam Label dan Iklan pangan olahan*. Jakarta

- Brown, L., Rosner, B., Willett, W.W. dan Sacks, F.M. (1999). Cholesterol Lowering Effects of Dietary Fiber: A Meta-Analysis. *American Journal of Clinical Nutrition* 1999;69:30–42.
- Brouns F., Kettlitz B., and Arrigoni E. (2002). Resistant Starch and The Butyrate Revolution. *Trends in Food Science and Technology* 13: 130-136
- Burtis, G., Davis, J., Martin, S. (1988). *Applied Nutrition and Diet Therapy*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Bureau of Nutritional Sciences. (2010). *Proposed Policy: Definition and Energy Value for Dietary Fibre*. Food Directorate, Health Products and Food Branch Health Canada.
- Cai, R.C., Hettiachchy, N.S., and Jalaluddin, M. (2003). High-Performance Liquid Chromatography Determination of Phenolic Constituents in 17 Varieties of Cowpeas. *J. Agric. Food Chem* 51: 1623-1627.
- Cahyono, J.K.A. (2015). Formulasi Food Bar dengan Bahan Jawawut (*Setaria italica* L.) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*): Uji Sifat Organoleptik, Sifat Fisiko-kimia, serta penentuan Indeks Glikemik. Skripsi. Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada
- Castilho, F., Fontanari, G.G. dan Batistuta, J.P. (2010). Evaluation of some functional properties of sweet lupine flour (*Lupinus albus*) and pigeonpea (*Cajanus cajan* (L) Millsp) and its use in the production of ham. *Food Science and Technology* 30(1): 68–75.
- Capuano, E. and Pellegrini, N. (2019). An integrated look at the effect of structure on nutrient bioavailability in plant foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(2): 493–498
- Celestino, M.T., Magalhães, U.O., Fraga, A.G.M., Carmo, F.A., Lione, V., Castro, H.C. (2013). Rational Use of Antioxidants in Solid Oral Pharmaceutical Preparations. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 48:3.
- Chau, C.F. and Huang, Y.L. (2003). Comparison of the chemical composition and physicochemical properties of different fibres prepared from the peel of citrus sinensis L. cv. Liucheng". *J. Agr. Food Chem* 51:2615-2618
- Chang, S., Tan, C., Frankel, E., Barret, D. (2000). Low-Density Lipoprotein Antioxidant Activity of Phenolic Compounds and Polyphenol Oxidase Activity in Selected Clingstone Peach Cultivars. *J. Agric. Food and Chemical Toxicology* 44: 1015-1023

- Chen, Y., Ye, R., Yin, L. and Zang, N. (2014). Novel blasting extrusion processing improved the physicochemical properties of soluble dietary fiber from soybean residu and in vivo evaluation. *J.Food Eng.* 120:1-8
- Chen, Z., Ma, K.Y., Liang, Y, Peng, C. Dan Zuo, Y. (2011). Role and classification of cholesterol –lowering functional food. *J.Funct. Food* 3: 61-69
- Cheng, H.H. and Lai, M.H. (2000). Fermentation of resistant rice starch produces propionate reducing serum and hepatic cholesterol in rats. *J. Nutr.*: 91-95
- Cheng, A., Chen, X., Jin, Q., Wang, W., Shi, J. dan Liu, Y. (2013). Comparison of phenolic content and antioxidant capacity of red and yellow onions. *Czech Journal of Food Sciences* 31(5): 501-508.
- Cheurfa, M., Abdallah, H.H., Allem, R., Noui, A., Picot-Allain, C.M.N., Mahomoodally, F. (2019). Hypocholesterolaemic and antioxidant properties of *Olea europaea* L. leaves from Chlef province, Algeria using *in vitro*, *in vivo* and *in silico* approaches. *Food and Chemical Toxicology* 123, 98-105.
- Clearly, B.M. and Prasky, L. (2001). Advanced Dietary Fibre Technology, Wiley-Blackwell, 1st edition.
- Cordeiro, N., Belgacem, M. N., Torres, I. C., & Moura, J. C. V. P. (2004). Chemical composition and pulping of banana pseudo-stems. *Industrial Crops and Products* 9: 147–154.
- Criner, G.J., Connett, J.E., Aaron, S.D., Albert, R.K., Bailey, W.C., Casaburi, R., Cooper, J.A.D., et al. (2014). Simvastatin for the Prevention of Exacerbations in Moderateto-Severe COPD. *N Engl J Med.*;370:2201-10
- Cummings, J.H. (1984). Constipation, Dietary Fiber and The Control of Large Bowel Function. *Postgraduate Medical Journal* 60, 811-819.
- Cummings, J.H and Bingham S.A. (1987). Dietary fiber, fermentation and large bowel cancer. *Cancer surveys* 6: 601-621
- Cummings, J.H., Beatty, E.R., Kingman, S., Bingham, S.A. and Englyst, H.N. (1992). Laxative properties of resistant starches. *Gastroenterology*, 102:A548.
- Cummings, J.H., Beatty, E.R., dan Kingman, S.H. (1996). Digestion and physiological properties of resistant starch in the human large bowel. *Brit. J.Nutr.* 75(5): 733-747

- Dagli, M., Eryilmaz, M.D., Besler, T., Akmansu, H. dan Korkmaz, M.D. (2004). Role of Free Radicals and Antioxidant in Nasal Polyps. *The Laryngoscope* 114 (7): 1200-1203.
- Damat, Y. Marsono, Haryadi, and Cahyanto, M.N. (2008). Hypocholesterolemic and hypoglycemic effects of butyrylated arrowroot starch on *Sprague Dawley* rats. *Indonesian Pharmacy Magazine* 19 (3) 2008
- De Garmo, E.P.W.G. Sullivan dan J.R. Canada. 1984. Engineering Economy The 7th Edition. Macmillan Publishing Comp., New York.
- Deeg, R and Ziegenhorn, J. (1983). Kinetic enzymatic method for automated determination of total cholesterol in serum. *Clinical Chemistry* 29: 1798-1802,
- Derycke, V., G.E. Vandeputte, R. Vermeulen, W. De Man, B. Goderis, M.H.J. Kochd, and J.A. Delcours. (2005). Starch gelatinization and amylose–lipid interactions during rice parboiling investigated by temperature resolved wide angle X-ray scattering and differential scanning calorimetry. *Journal of Cereal Science* 42:334–343.
- Dhingra, D., Michael, M., Rajput, H. dan Patil, R.T. (2012). Dietary Fibre In Foods: A Review. *Journal of Food Science and Technology* 49(3):55–66.
- Diass, D.C. dan Estiasih, T. (2015). Pengaruh senyawa bioaktif umbi-umbian keluarga Dioscoreaceae terhadap kondisi profil lipid darah: kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 3(2)424-430
- Diniyah, N., Wijanarko, S.B., and Purnomo, H. (2012). Brown sugar syrup processing from siwalan palm saps (*Borassus Flabellifer* L.)
- Dobiasova and Frohlich. (2001). The plasma parameter log (TG/HDL-C) as an atherogenic index: correlation with lipoprotein particle size and esterification rate in apoB-lipoprotein-depleted plasma (FER(HDL)). *Clin Biochem.* 34(7):583-588
- Dobiasova, M. (2006). AIP-atherogenic index of plasma as a significant predictor of cardiovascular risk: from research to practice. *VnitrLek* 52(1):64–71.
- Du, S.K., Jiang, H., Ai, Y., Jane, J.L. (2014). Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. *Carbohydrate Polymer* 108: 200-205
- Eckel, W., Stone, P., Ellis, and Colwell. (1977). Cholesterol determinant in high density lipoprotein separated by three different methods. *Clinic Chem* 23: 882-884.

- Eliasson, A. dan Gudmundsson. M. (2006). *Starch: Physicochemical and Functional Aspects*. Eliasson, A. *Carbohydrates in Food*. United States of America: CRC.Press.
- Elleuch, M. -Bedigian, D. -Roiseux, O. -Besbes, S. -Blecker, C. -Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich by products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124(2): 411-421
- Eltayeb, A.R.S.M., Ali, A.O., Abou-Arab, A.A., and Abu-Salem, F.M. (2011). Chemical composition and functional properties of flour and protein isolate extracted from Bambara groundnut (*Vigna subterranean*). *Afr. J Food Sci.*5: 82-90.
- Erukainure, O.L., Adeboyejo., F.O., Elemo, G.N., Ebeuhi, O.A. (2012). Modulation of lipid peroxidation, hypolipidemic, and antioxidant activities in brain tissues of diabetic rats by fibre-enriched. *Journal of acute disease* 42-46
- Estiasih, T., Nur, M., Maligan, J.M.,Maulana, S. (2012). sintesis fosfolipid mengandung asam lemak ω -3 dari fosfolipid kedelai dan minyak kaya asam lemak ω -3 dari hasil samping pengalengan tuna. *AGRITECH* 32 (3): 284-293
- Fellows, P.J. (2009). *Food Processing Technology, Principle and Practice 3 rd Ed.* Woodhead Publishing Limited, England
- Galisteo, M, Duarte, J. and Zarzuelo, A. (2008). Reviews : Current Topics, Effects Of Dietary Fibers On Disturbances Clustered In The Metabolic Syndrome. *Journal of Nutritional Biochemistry* 19: 71–84.
- Ghiselli, A, Nardini, M., Baldi, A., and Scaccini, C. (1998). Antioxidant Activity of Different Phenolic Fractions Separated from an Italian Red Wine. *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 46, No. 2, 1998. Istituto Nazionale della Nutrizione, Roma, Italy, and Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, University of Florence, Via Gino Capponi Firenze, Italy
- Gill, F.A., Tomaas, B.B., Pierce, A. dan Kader. (2002). Antioxidant Capacities, Phenolic Compounds, Caratenoids, and Vitamin C Content of Nectarine, Peach, and Plum Cultivars from California. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (17): 4976-4982.
- Ginting, I, Julianti, E, Nainggolan, E.R. (2015). Physico-Chemical Characterization of Composite Flour from Sweet Potato Flour, Corn Starch, and Soybean Flour. *J.Rekayasa Pangan dan Pert* 3 (1): 19-25

- Gomez, K. A. And Gunez. (1995). *Pengantar Statistik untuk Penelitian Pertanian*. edisi ke 2, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Goni, I., Garcia-Diz, L., Manas, E and Saura-Calixto, F. (1996). Analysis of resistant starch: a method for foods and food products. *Food Chem.* 56(4): 445-449
- Gordon, M.H. (1990). The Mechanism of Antioxidant Action in Vitro. B. J. F. Hudson (ed.), *Food Antioxidants* © Elsevier Science Publishers Ltd 1990
- Gordon, D.T. (1989). Functional properties vs physiological action of total dietary fiber. *Cereal Foods Worlds* 34: 517-525
- Gordon, M.H., (2001). Measuring Antioksidant Activity. Dalam: Jan pokorny, Nedyalka, Yanisshieva-Maslorova, and Michael Gordon (ED). *Antioxidant in Food Practical Application*. Woodhead Publishing Ltd. Londong
- Grundy, S.M., Cleeman, J.I., Merz., C.N.B., Brewer, H.B., Clark, L.T., Hunninghake, D.B., Pasternak, R.C., Smith, S.C., Stone, N.J. (2004). Implications of recent clinical trial for the National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel III guidelines. Coordinating Committee of the National Cholesterol Education Program. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 24: 149-161
- Gu, C., Howell, K., Padayachee, A., Comino, T., Chhan, R., Zhang, P., Ng, K., Cottrell, J.J., Dunshea, F.R. (2019). Effect of a polyphenol-rich plant matrix on colonic digestion and plasma antioxidant capacity in a porcine model. *Journal of Functional Foods* 57: 211-221.
- Halliwell, B and Gutteridge, J. M. C. (1999). *Free Radicals in Biology and Medicine*. Dalam Widowati, W. (2008). Potensi Antioksidan sebagai Antidiabetes. JKM, Vol. 7, No. 2 : 1 – 10.
- Hasanah, F dan Hasrini, R.F. (2018). Pemanfaatan Ganyong (*Canna edulis* KERR) sebagai Bahan Baku Sohun dan Analisis Kualitasnya. *Journal of Agro-based Industry* 35 (2): 99-105
- Harmayani, E., Murdiati, A., Griyaningsih. (2011). Karakterisasi pati ganyong (*Canna edulis*) dan pemanfaatannya sebagai bahan pembuatan cookies dan cendol. *AGRITECH* 31 (4): 297-304
- Hatano, T., Kagawa, H., Yasuhara, T., Okuda, T, (1988). Two new flavonoids and other constituents in licore root: their relative astringency and radical scavenging affects. *Chem. Pharm. Bull.* 36: 1090-2097

- Hennigsson, A.M., Bjorck, I.M.E. and Nyman, M.G.I. (2002). Combinations of Indigestible Carbohydrates Affect Short-Chain Fatty Acid Formation in the Hindgut of Rats. *The J. Nutr.* 0022-3166:3098-3104
- Heywood, V.H. (1972). *Plant phenolics*. Olivers and Boyd tweeddale Court, 14 High Street, Edinburgh EH 1 YL
- Hernawati. (2009). Peranan Berbagai Sumber Serat Dalam Dinamika Kolesterol Pada Individu Hiperkolesterolemia dan Normokolesterolemia. Laporan Penelitian Proyek LIPI. <http://elib.pdii.lipi.go.id>. [13 Agustus 2013].
- Hernawati, Manalu, W., Suprayogi, A., Astuti, D.A.(2013). Perbaikan Parameter Lipid Darah Mencit Hiperkolesterolemia dengan Suplemen Pangan Bekatul. *MKB* 45 (1): 1-9
- Hidayat, N. (2010). Pati Ganyong Potensi Lokal yang Belum Termanfaatkan. Diambil dari situs <http://www.kulinologi.biz> pada tanggal 9 Maret 2013.
- Ho, L. H., Noor Aziah, A. A. and Rajeev Bhat. (2012).Mineral composition and pasting properties of banana pseudo-stem flour from *Musa acuminata* X *balbisiana* cv. Awak grown locally in Perak, Malaysia. *International Food Research Journal*. 19(4): 1479-1485
- Huang, P. (2009). A comprehensive definition for metabolic syndrome. *Disease Models and Mechanisms* 2: 231-237.
- Hur SJ, Lee SY, Lee SJ. (2015). Effect of biopolymer encapsulation on the digestibility of lipid and cholesterol oxidation products in beef during in vitro human digestion. *Food Chem*. 166: 254–260
- Husniarti, Utami,I.S., dan Rahayu,S. (2001). Subtitusi terigu dengan pati garut (Maranta Arundinaceae L) pada pembuatan roti tawar. *AGRITECH* 21 (1): 16 – 20
- Husna,N., Novita,E.M., Rohaya, S. (2013).(2013).Anthocyanins Content and Antioxidant Activity of Fresh Purple Fleshed Sweet Potato and Selected Products. *AGRITECH* 33 (3) 296-302
- Hwang, Y., Jae, H., Eun, H., Hyung, G., Ji-Hyang, W., Kyung, J., Kyung, H., Kwang-il, K., Tae, C., Young, C. dan Hye, G.J. (2011). Purple Sweet Potato Anthocyanins Attenuate Hepatic Lipid Accumulation Through Activating Adenosine Monophosphate-activated Protein Kinase Human HepG2 Cells and Obece Mice. *Nutrition Research* 31: 896-906.

- Ihedioha, J.I., Noel-Uneke, Q.A, Ihedioha, T.E. (2013). Reference values for the serum lipid profile of albino rats (*Rattus norvegicus*) of varied ages and sexes. *Comp Clin Pathol* 22: 93–99
- Indrianti, N., Kumalasari, R., Ekafitri, R. dan Darmajana, D.A. (2013). Pengaruh penggunaan pati ganyong, tapioka, dan mocaf Sebagai bahan substitusi terhadap sifat fisik mie jagung instan. *AGRITECH*, 33(4)391-398
- Izydorczyk, M., Cui, S.W. and Wang, Q. (2005). Polysaccharide Gums: Structures, Functional Properties, and Applications. Diambil dari situs <https://www.researchgate.net> pada tanggal 20 Januari 2020
- Jagannadham., Parimalavalli, R., and Babu, A.S. (2016). Effect of triple retrogradation treatment on chickpea resistant starch formation and its characterization. . *Journal of Food Science and Technology* 1-8
- Janakiraman, V.N., Frederic, D.L., Guhan, J., Xavier, S. and Krishnan, V. (2015). Expression of wild type and variants of human apolipoprotein A- I in *Pichia pastoris*. Diunduh pada tanggal 20 Januari 2020 dari situs <https://www.researchgate.net/publication/300162734>
- Jeyabalan, A. dan Caritis, S.N. (2006). Antioxidant and the prevention of preeclampsia-unresolved issues. *The New England Journal of Medicine* 354(17): 1841-1843.
- Jimenez, M. dan Garcia-Carmona, F. (1999). Oxidation of the flavonol quercetin by polyphenol oxidase. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 47: 56-60.
- Jimenez, A., Rodriguez, R., Fernandez-Caro, I., Guillen, R., Fernandez-Bolanos, J., and Heredia, A. (2000). Dietary fibre content of table olives processed under different European styles: study of physico-chemical characteristics, *J. Sci. Food Agric.* 86: 1903-1908
- Jecfa. (2009). Sodium Hydrogen Sulfite. Tersedia di: www.fao.org/fileadmin/user_upload/jecfa/. [Diakses 15 Januari 2019].
- Johansson, M. (2012). *Dietary Fiber Composition and Sensory Analysis of Heat Treated Wheat and Rye Bran*. Departement of Food Science. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Jones, P.J.H. (2008). Dietary Agents That Target Gastrointestinal And Hepatic Handling Of Bile Acids And Cholesterol. *Journal of Clinical Lipidology* 2: S4–S10.
- Kaczmarczyk, M.M., Miller, M.J. and Freund, G.G. (2012). Review : The Health Benefits Of Dietary Fiber: Beyond The Usual Suspects Of Type 2

- Diabetes Mellitus, Cardiovascular Disease And Colon Cancer. *Journal Metabolism Clinical and Experimental* 61:1058 – 1066.
- Kahlon, T.S. and Smith, G.E. (2007). In Vitro Binding Of Bile Acids By Bananas, Peaches, Pineapple, Grapes, Pears, Apricots And Nectarines. *Journal of Food Chemistry*
- Kay, R.M.P. (1982). Dietary Fiber. *Journal of Lipid Research* 23: 221-242.
- Katzung, B.G., Masters, S.B., dan Trevor, A.J. (2012). *Basic and clinical pharmacology*. 12th edition. McGrawHill Medical. NewYork.
- Kementerian Pertanian. (2017). Petunjuk Teknis Pengelolaan Aneka Kacang dan Umbi.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2020). Hasil Utama Riskesdas 2018. Diakses dari <https://www.kemkes.go.id/resources/download/info-terkini/hasil-riskesdas-2018.pdf>
- Kirk, E.A, Sutherland, P., Wang, S.A., Chait, A., and LeBoeuf, R.C. (1998). Dietary Isoflavones Reduce Plasma Cholesterol and Atherosclerosis in C57BL/6
- Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeon HS. (2008). Effect of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-70
- Kim, D.K., Lee, K.W., Lee, H.J. dan Lee, C.Y. (2002). Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. *J. Agric Food.Chem* 50: 3713-3717.
- Kolovou, G.D., Anagnostopoulou, K.K., and Cokkinos, D.V. (2005). Review: Pathophysiology of dyslipidaemia in the metabolic syndrome. *Postgraduate Medical Journal* (81): 358-366
- Kramlich, W. (1971). *Meat and Meat Products*. 2nd. J.F Price and B. Schweigert, Eds. W.H. Freeman and co, San Francisco
- Kreutler, P.A. (1980). *Nutrition In Perspective*. Prentice-Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kristensen, Jensen, M.M.G., Aarestrup, J Kristina EN Petersen, K.E., Søndergaard, L Mikkelsen, M.S and Astrup, A. (2012). Flaxseed dietary fibers lower cholesterol and increase fecal fat excretion, but magnitude of effect depend on food type. *Nutrition & Metabolism* 9:8

- Kutos T., Golob T., Kac M., and Plestenjak A. (2003). Dietary Fibre content of Dry and Processed Beans. *Food Chemistry* 80: 231-235
- Klopotek, Y., Otto, K. dan Bohm, V. (2005). Processing Strawberries to Different Products Alters Contents of Vitamin C, Total Phenolics, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 53: 5640-5646.
- Ladamay, N.A and Yuwono, S.S. (2014). The Use Local Material In The Production Foodbars (Study of Tapioca : Green Bean Flour Ratio and CMC Proportion). *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2 (1): 67-78
- Laker, M.F. and Steward. (1997). Monitoring of Lipid in Diabetes in International Textbook of Diabetes Mellitus. Second edition. John Wiley and Sons Ltd. England.
- Layden, B.T., Angueira, A.R., Brodsky, M., Durai, V. dan Lowe, W.L. (2013). Short Chain Fatty Acids And Their Receptors: New Metabolic Targets. *Journal of Translational Research* 161:131-140.
- Lee YR, Hwang IG, Woo KS, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. (2007). Antioxidative activities of the ethyl acetate fraction from heated onion (*Allium cepa*). *Food Sci Biotechnol*, 16:104.
- Linder, M.C. (1992). Biokimia Nutrisi dan Metabolisme. Universitas Indonesia. Jakarta
- Lu, F., Liu, Y., and Li, B. (2013). Okara dietary fiber and hypoglycemic effect of okara foods. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* 2: 126-132
- Ma, M.M. and Mu, T.H. (2015). Effects Of Extraction Methods And Particle Size Distribution on The Structural , Physicochemical, And Functional Properties Of Dietary Fiber From Deoiled Cumin. *Journal of Food Chemistry* 194:237-246
- Makfoeld, D., Djagal, W. M, Hastuti, P., Anggrahini, S., Raharjo, S., Sastrosuwignyo, S., Suhardi, Harsono, S.M., Hadiwiyoto, S. dan Tranggono. (2002). *Jurnal Pangan dan Nutrisi*. Kanisus. Yogyakarta
- Marounek, M., Voleka, Z., Rivanova, E, S., Taubner, T., Pebriansyah, A., Skova, D, D. (2017). Comparative study of the hypocholesterolemic and hypolipidemic activity of alginate and amidated alginate in rats. *International Journal of Biological Macromolecules, BIOMAC* 7885; 1-5

- Marsono, Y., Illman, R.J., Clarke, J.M., Trimble, R.P. Topping, D.L. (1993). Plasma lipids and large bowel volatile fatty acids in pigs fed on white rice, brown rice and rice bran. *British Journal of Nutrition* 70: 503-513
- Marsono, Y. (1998). Resistant Starch: Formation, metabolism and its nutritional aspects. *AGRITECH* 18: 29-35
- Marsono Y. (1999). Canges of resistant starch (RS) and chemical composition of selected stach foods during processing. *AGRITECH* 19 (3): 124 - 127.
- Marsono, Y. (2001). Resistant Starch : Pembentukan, metabolisme dan aspek gizinya (Review). *AGRITECH* 18 (4): 29 – 35
- Marsono, Y., Wiyono, P. dan Noor, Z. (2003). Penentuan Indeks Glisemik kacang-kacangan, faktor determinan dan uji efek hipoglisemiknya. Laporan penelitian. Penelitian Hibah Bersaing IX perguruan tinggi tahun anggaran 2001-2003. Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.
- Marsono, Y. (2004). *Serat Pangan Dalam Perspektif Ilmu Gizi*. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Marsono, Y.,Safitri, R., dan Noor, Z.. (2005). *Antioksidan dalam Kacang-Kacangan: Aktivitas dan Potensi serta Kemampuannya Menginduksi Pertahanan Antioksidan Pada Model Hewan Percobaan*. Fakultas Teknologi Pertanian. Lembaga Penelitian Universitas Gadjah Mada
- Marsono, Y. (2008). Prospek pengembangan makanan fungsional. *Jurnal Teknologi Pangan dan Gizi* 7(1): 19-27
- Maryati, Y., Nuraida, L., Dewanti, R. (2016). A Study In Vitro of Lactic Acid Bacteria (LAB) Isolates on Cholesterol Lowering Ability in The Presence of Oligosaccharides. *Agritech* 36 (2): 26-31
- Maryanto, S and Marsono, Y. (2019). The Effect of Guava on the Improvement of Lipid Profile in Hypercholesterolemic Rats. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 276
- Meskin, M. S., W. R. Bidlack, A. J. Davies, S. T. Omaye. (2002). *Phytochemicals in Nutrition and Health*. CRC Press, London-New York.
- McAuley, D.F., John G. Laffey, J.G., O’Kane, C.M., Perkins, G.D., Mullan, B. (2014). Simvastatin in The Acute Respiratory Distress Syndrome, *N Engl J Med*, 371;18.

- Miyazaki, K., Kumiko, M., Emi, I., Yoriko, D. dan Fumiyasu, I. (2008). Anthocyanins from Purple Sweet Potato *Ipomoea batatas* Cultivar Ayamurasaki Suppress the Development of Atherosclerotic Lesions and Both Enhancements of Oxidative Stress and Soluble Vascular Cell Adhesion Molecule-1 in Apolipoprotein E-Deficient Mice. *J. Agric. Food Chem* 56: 11485-11492.
- Montgomery, R.A., Dryer R.L., Conway T.W., Spector A.A. (1983). *Biochemistry : A Case-Oriented Approach* Masby Company Iowa. Diterjemahkan Oleh M. Ismadi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: an overview. *Scientific and Industrial Research* 69: 323–329
- Momuat, L.I., Suryanto, E., Rantung, O., Korua, A, dan Datu, H. (2015). Perbandingan senyawa fenolik dan aktivitas Antioksidan antara sagu baruk segar dan kering. *Chem. Prog.* 8 (1): 20-29
- Munawar, M., Hartono, B., Rifq,i S. (2013). LDL Cholesterol Goal Attainment in Hypercholesterolemia: CEPHEUS Indonesian Survey. *Acta. Cardiol. Sin.* 29(1): 71-81.
- Mukhopadhyay, M. (2000). *Natural Ekstracts Using Supercritical Carbon Dioxide*.CRC Press, London-New York.
- Nakhaee, A., Bokaeian, M., Saravani, M., Farhangi, A. dan Akbarzadeh, A. (2009). Attenuation of Oxidative Stress in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats By Eucalyptus Globulus. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 24 (4): 419- 425.
- Nasution, M.Z., Suryani, A., Susant, I. (2004). Pemisahan dan karakterisasi *emulsifier* dalam minyak cacing tanah (*lumbricus rubellus*). *Tek. Ind. Pert.* 13(3): 108-115
- Nie, Q., Hu, J., Gao, H., Fan, L., Chen, H., and Nie, S. (2017). Polysaccharide from *Plantago asiatica* L. attenuates hyperglycemia, hyperlipidemia and affects colon microbiota in type 2 diabetic rats. *Food Hydrocolloids*: 1-9
- Niroumand, S., Khajedaluee, M., Rezaiyan, M.K., Abrishami,M., Juya, M., Khodae, G., Dadgarmoghaddam, M. (2015). Atherogenic Index of Plasma (AIP): A marker of cardiovascular Disease. *Med J Islam Repub Iran* 29: 240-250
- Ntau, L., Sumual, M.F., Assa,J.R. (2017). The fermentation Effects of *Lactobacillus casei* to Sweet Corn Physical Characteristic. *J. Ilmu dan Teknologi Pangan* 5(2): 11-19

- Nugent, A.P. (2005). *Health properties of resistant starch*. British Nutrition Foundation, London, UK.
- Nurhayati, N, Maryanto,M, Tafrikhah, R. (2016). Pectin Extraction from Banana Peels and Bunch with Various Temperatures and Methods. *AGRITECH* 36 (3): 327-334
- Nurhidajah, N., Astuti, M., Sardjono, S., Murdiati, A.(2017). Blood Antioxidant Profile of Diabetes Rats Feed with Red Rice Enriched with Kappa-Carrageenan and Anthocyanin Extracts. *AGRITECH* 37 (1): 81-87
- Norum, K.R. (1992). Dietary fat and blood lipids. *Nutr. Rev.*50 (4): 30-37
- Padley, F.B. and Podmore, J. (1985). *The Role of Fats in Human Nutrition (Ellis Horwood Series in Food Science and Technology*. Ellis Horwood Ltd., Chichester, England and VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, Federal Republic of Germany.
- Pangesthi, L.T. (2009). Utilization of canna starch (*canna edulis*) on making fresh noodles as an attempt diversification of non-rice food. *Media Education, Nutrition and Culinary* I: 1-6.
- Parwiyanti, Pratama, F., Wijaya, A., Malahayati, N. (2016). Profil *pasting* pati ganyong termodifikasi dengan *heat moisture treatment* dan gum xanthan untuk produk roti. *J. Teknologi dan Industri Pangan* 27 (2): 185 -192
- Patmaningrum, R.T. dan Utomo, M.P. (2009). Perubahan warna dan kadar β -karoten dalam Ubi jalar (IPOMEA BATATAS, L) akibat pemutihan. Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta
- Placer, Z.A., Cushman, L.L., and Johnson, B.C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (Malonyl Dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical Biochemistht* 16: 359-364
- Plummer, D.T. (1978). *An introduction to practical biochemistry*. Second edition. Bombay.: Rules of The McGraw-Hill Companies Publication Co. Ltd
- Pradita, T.R. (2015). Pengembangan Food Bar Berserat Tinggi Berbahan Dasar Tepung Juwawut (*Setaria Italia*) dan Tepung Garut (*Maranta Arundinacea L.*): Studi Formulasi Bahan, Uji Sifat Fisik, Sifat Kimia, Daya Terima dan Penentuan Indeks Glikemik. Skripsi. FTP UGM Yogyakarta.
- Pramitasari, G. (2015). Pengaruh Substitusi Tepung Ganyong Dengan Tepung Agar Terhadap Sifat Kimia, Fisik, dan Sensoris *Canna Bar*. Skripsi FTP UGM Yogyakarta.

- Pujimulyani, D., Raharjo, S, Marsono, Y dan Santoso, U. (2010). The Antioxidant Activity and Phenolic Content of Fresh and Blanched White Saffron (*Curcuma mangga* Val.). *AGRITECH* 30 (2): 68-74
- Qin, Y., Xia, M., Ma, J., Hao, Y., Liu, J., Mou, H., Cao, L., & Ling, W. (2009). Anthocyanin supplementation improves serum LDL and HDL-cholesterol concentrations associated with the inhibition of cholesteryl ester transfer protein in dyslipidemic subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3): 485-492.
- Rabecca. (2014). Potensi Prebiotik Spaghetтини Komposit Semolina Durum dan Pati Ganyong. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada.
- Rachmawanti, A.D. (2006). Kemampuan Antioksidatif Ekstrak Etanol Kacang Panjang (*Vigna sinensis*) dan Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris*) Pada Tikus Diabetes-Hiperkolesterolemia. Thesis. Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rachmayani, N., Rahayu, W.P., Faridah, D.N., Syamsir, E. (2017). High fiber snack bar using okara and sweet potato flour. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 28 (2): 139-149
- Raharjo, S., Suparno., Supartono, W. and Utama, Z. (2002). Inhibition of discoloration in restructured tropical fruits using anti browning additives. *AGRITECH* 22 (3): 87-94
- Ranganna, S. (1977). *Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products*. New Delhi: Tata McGraw Hill Publishing Company Limited.
- Ratnaningsih, N., Nugraheni, M., Handayani, T.H.W., Chayati, I. (2010). Quality improvement and product diversification of canna tubers to increase resilience of food. Department of Food and Fashion Technology Education Faculty of Technology, Yogyakarta State University
- Ratnaningsih, N. (2016). Sifat fisik dan kimia *resistant starch* Tipe 3 pati kacang tunggak (*vigna unguiculata*) dengan perlakuan *autoclaving-cooling* Serta potensinya untuk pencegahan *colitis-Associated adenocarcinoma* pada Tikus *sprague-dawley*. Disertasi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Reeves, P.G., Neilson F.H and Fahey G.C. (1993). AIN-93. Purified Diets for laboratory Rodents: Final Report of the American Institute of Nutrition Ad Hoc Writing Committee on the Reformulation of the AIN-76 A Rodent Diet. *J.Nutr.* 123 (1): 939-1951

- Reische, D.W. Lilard, D.A., and Eitenmiller, D. (2004). Antioxidant. Dalam: Casimir C. Akoh and David B. Min. Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Rehinan Z.A. Rashid M., and Shah W. (2004). Insoluble Dietary Fibre of Foof Legumes as Affected by Soalking and Cooking Processes. *Food Chemistry* 85:245-249
- Reiner Z, Catapano AL, Backer GD, Graham I, Taskinen M-R, Wiklund O, et al., (2011). ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias. The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Atherosclerosis Society (EAS). *European Heart Journal*.
- Robin, F., Schuchmann, H.P., and Palzer, S. (2012). Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. *Trends in Food Science and Technology* 28(1): 23-32.
- Robinson, J.C. and Sauco, V. G. (2010). *Bananas and Plantains*. 2nd edition. CABI. UK. USA.
- Rahmawati, A., Murdiati, A., Y. Marsono, and Anggrahini, S. (2018). Changes of complex carbohydrates on white jack bean (*Canavalia Ensiformis*) during autoclaving-cooling cycles. *Curr. Res. Nutr Food Sci Jour*. 6: 470-480
- Raharjo, S., Suparmo, Supartono, and Utama, Z. (2002). Inhibition of Discoloration in Restructured Trofical Fruits Using Anti Browning Additives. *AGRITECH* 22 (3): 87-94
- Rachmayani, N., Rahayu, W.P., Faridah, D.N., dan Syamsir, E. (2017). Snack bar tinggi serat berbasis tepung ampas tahu (okara) dan tepung ubi ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 28 (2): 139-149
- Rabie'ah, Carlos, F. Johanna Griselda S, J., Sari, W.P. (2014). Tatalaksana Terkini Dislipidemia. *J. Kedokt Meditek* 20 (54): 28-33
- Rahman, H. (2006). *Pembuatan Pulp dari Batang Pisang Uter (Musa paradisiaca Linn. var uter) Pascapanen dengan Proses Soda*. Tesis, Fakultas Kehutanan. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Ridha, M.F. (2009). Pengaruh Konsumsi Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) Pratanak Terhadap Status Antioksidan dan Profil Lipida Darah Tikus Sprague Dawley. Tesis. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 984

- Richana, N dan Sunarti, C. (2004). Karakterisasi sifat fisikokimia tepung umbi dan tepung pati dari umbi ganyong, suweg, ubikelapa dan gembili. *J. Pascapanen* 1: 29-37.
- Rodriguez-Ambriz, S. L., Islas-Hernandez, J. J., Agama-Acevedo, E., Tovar, J., & Bello-Perez, L. A. (2008). Characterization of a fibre-rich powder prepared by liquefaction of unripe banana flour. *Food Chemistry* 107: 1515–1521
- Robertson G.I, Monredon F.D, Dysseler P, Guillon F, Amado R, Thibault J.F, (2000). Hydration properties of dietary fiber and resistant starch: An European collaborative study. *LWT – Food Sci Tech.* (33): 72 – 79.
- Rubenfire, M., Colletti, A.T., and Mosca, L. (1998). Treatment strategies for management of serum lipids: lessons learned from lipid metabolism, recent clinical trials, and experience with the HMG CoA reductase inhibitors. *Prog Cardiovasc Dis.* 41: 95-116
- Santala, O., Kiran, A., Sozer, N., Poutanen, K., and Nordlund, E. (2014). Enzymatic modification and particle size reduction of wheat bran improves the mechanical properties and structure of bran-enriched expanded extrudates. *Journal of Cereal Science* 60 (2): 448-456.
- Saravanan K and Aradhya SM, (2011). Polyphenols of pseudostem of different banana cultivars and their antioxidant activities. *J Agric Food Chem.* 59: 3613
- Sayago-ayerdi, Mateos, R., Ortiz-Basurto, R.I., Largo, C., Serrano, J., Granado-Serrano, A.B., Sarria, B., Bravo, L., Tabernero, M. (2014). Effects of Consuming Diets Containing Agave Tequilana Dietary Fibre and Jamaica *Food Chemistry* 148: 54-59
- Scheeman, B.O. (1985). *Problems and Methods in Applying Nutrient Composition Data to Current Health Issues : Dietary Fiber*. The online catalog of the National Agricultural Library (NAL), United States Departement of Agricultural
- Sembor, S.M., Marsono, Y., Noor, Z. 1999. Effects of soy pulp and fermented soy pulp fiber on Short Chain Fatty Acid profile in The digesta of wistar Rats. *AGRITECH* 9 (4): 160-164
- Senter, S.D., Robertson, J.A., and Meredith, F.I. (2006). Phenolic compounds of the Mesocarp of cresthaven peaches during storage and ripening. *Journal of Food Science* 54(5): 1259-1268

- Serougne, C., Felgines, C., Ferezou, J., Hajri, T., Bertin, C., dan Mazur, A. (1995). Hypercholesterolemia Induced by Cholesterol- or Cystine-Enriched Diets is Characterized by Different Plasma Lipoprotein and Apolipoprotein Concentrations in Rats. *J. Nut* 125: 35-41
- Setyaji, D.Y. (2011). *Pengaruh Pemberian Nata De Coco Terhadap Kadar Kolesterol LDL dan HDL Pada Tikus Hiperkolesterolemia*. Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran. Universita Diponegoro, Semarang.
- Sewester, C.S., Dombeck, C., Olin, B.R., Kastrup, E.K., Hebel, S.K. (2004). *Drugs facts and comparisons*. Lippincott Co. St. Louis.
- Shahidi, F. and P. K. J. Wanasundara. (1992). Phenolik Antioxidants. in: Bidlack, W. R., W. Wang. 2000. *Designing Functional Foods to Enhance Health*. Technomic Publishing Co., Inc, Lancaster, Basel.
- Shahzadi, N., M.S. Butt, Saleem-ur-Rehman and K. Sharif. (2005). Chemical characteristics of various composite flours. *Inter. J. Agric. Biol.*, 7: 105-115
- Silistijani, D,A. (1999). Sehat Dengan Menu Berserat. Trubus Agriwidya: Jakarta
- Sianipar, R.A. (2007). Pengaruh Pemberian Vitamin C Terhadap Kadar Kolesterol dan Triglisierid Darah Marmot (*Cavia porcellus*). *Jurnal Fakultas Farmasi Univesitas Sumatra Utara*.
- Sousa Fernandes, S.D., Silva Ribeiro, C.A., Jesus Raposo, M.F., Morais, R.M.S.C., Morais, A.M.M.B. (2011). Polyphenol Oxidase Activity and Colour Changes of ‘Starking’ Apple Cubes Coated with Alginate and Dehydrated with Air. *Food and Nutrition Sciences* 2: 451-457
- Sriwahyuni B. (1986). Mempelajari Pengaruh Penggunaan Natrium Bisulfit dan Sendawa terhadap Mutu Dendeng Sapi Selama Penyimpanan. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Institut
- Sunarti., Maudisa, R., Asdie, RH., Hakimi, M. (2008). Effect of homocysteine and antioxidants on peroxidation lipid of essential hypertension in Central Java Indonesia. *Berkala Ilmu Kedokteran* 40
- Sutrisno, D dan Djuwendah, E. (2011). *Prospek agribisnis ganyong sebagai bahan pangan alternatif*. Majalah Trubus 495 – Februari 2011/XLII.
- Soral-Smietana, M., Wronkowska, M. dan Amarowicz, R. (2000). Health Promoting Function of Wheat or Potato Resistant Starch Preparations Obtained by Physico-Biochemical Process, dalam Barsby, T.L., Donald,

- A.M., dan Frazier, P.J. 2000. Starch: Advances in Structure and Function, Roy. Soc.Chem. Cambridge, UK: 116-127
- Soewoto H *et al.* (2001). *Biokimia Eksperimen Laboratorium*. Biokimia FKUI.
- Stover, R.H., Simmonds, N.W. (1987). *Bananas (Tropical Agriculture Series)*. Third Edition.Longman Publishers. Singapore.
- Stoll, L.L., McCormick, M.L., Denning, G.M.,Weintraub, N.L. (2004). Antioxidant Effects of Statins. *Drugs Today (Barc)*, 40:975–90.
- Stanisavljevic, N., Samardzic, J., Jancovic, T., Savikin, K., Mojsin, M., Topalovic, V. and Stevanovic, M. (2015). Antioxidant and antiproliferative activity of chokeberry juice phenolics during in vitro simulated digestion in the presence of food matrix. *Food Chemistry* 175: 516-522
- Surampudi, P., Enkhmaa, B., Anuurad, E., and Berglund L.(2016). Lipid lowering with soluble dietary fiber. *Curr Atheroscler Rep.* 18:75
- Sajilata, M.G., R.S. Singhal and P.R. Kulkarni (2006). Resistant starch: A review. *Compreh. Rev. Food Sci. Food Saf.* 5: 1-17
- Sudarmadji, Slamet., Bambang Haryono, Suhardi. (1989). *Analisa bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty, Yogyakarta
- Suryaningtyas, SM. (2014). Asetilasi Pati Ganyong (*Canna Edulis* Kerr.) Dan Aplikasinya Untuk Substitusi Gelatin dalam Pembuatan Permen *Jelly*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gajah Mada.
- Sung, J. H., Choi, S. J., Lee, S. W., Park, K. H., & Moon, T. W. (2004). Isoflavones found in Korean soybean paste as 3-hydroxy-3-methylglutaryl Coenzyme A reductase inhibitors. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 68(5): 1051–1058.
- Sukasih, E and Setyadjit, S. (2016). Effect of ascorbic acid soaking and sodium bisulphite on two varieties of shallot (*Allium ascalonicum* L.) on physical and organoleptical character of shallot powder. *AGRITECH* 36(3): 270-278
- Tang, X., Master, Q.W., Le, G. and Shi, Y. (2012). Effects of heat treatment on structural modification and in vivo antioxidant capacity of soy protein. *Nutrition* 28: 1180–1185

- Taghipoor M, Barlesa, G., Georgelina, C., Licoisa, J.R. dan Lescoat, P. (2014). Digesti on modeling in the small intestine :Impact of dietary fiber. *Mathematical Biosciences* 258:101–112.
- Tenorio, MD., Espinosa-Martos, I., Prestamoo, G. Dan Ruperez, P. (2010). “Soybean Whey Enhance Mineral Balance and Cecal Fermentation in Rats”, *Eur. J. Nutr.* 49 (3): 155-163.
- Tensiska. (2008). Serat Makanan. Makalah Pustaka Universitas Padjajaran, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Bandung.
- Thewissen, E. dan Mensink, R.P. (2008). Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & Behavior* 94:285–292.
- Thitipraphunkul, K., Uttapap, D., Piyachomkwanc, K., Takeda, Y. (2003). A comparative study of edible canna (*Canna edulis*) starch from different cultivars. Part I. Chemical composition and hysicochemical properties. *Carbohydrate Polymers* 53: 317–324
- Topping, D.I, Illman, R.J, Clarke, J.M., Trimble, R.P., Jackson, K.A., and Yustinus Marsono, Y. (1993). Dietary Fat and Fiber Alter Large Bowel and Portal Venous Volatile Fatty Acids and Plasma Cholesterol but Not Biliary Steroids in Pigs
- Topping, D.L. dan Clifton, P.M. (2001). Short-Chain Fatty Acids and Human Colonic Function: Roles of Resistant Starch and Nonstarch Polysaccharides. *Journal of Physiologica Reviews* 81 (3)
- Trinidad TP, Mallillin AC, Valdez DH, Loyola AS, Askali-Mercado FC, Castillo JC, Encabo RR, Masa DB, Maglaya AS, Chua MT (2006) Dietary fiber from coconut flour: a functional food. *Innov Food Sci Emerg Technol* 7 (4): 309–317
- Trowell, H. (1972). Ischemic Heart Disease and Dietary Fiber. *The American Jorunal of Clinical Nutrition* 25 : 926-932.
- Turkmen, N., Sari, F. dan Velioglu, Y. S, (2005). The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chemistry.*, 93: 713-718.
- USDA National Nutrient Database for standard reference. (2019). *Full Report (All Nutrients) 19105, granola bar*. Diakses dari <http://ndb.nal.usda.gov> pada 17 Maret 2019
- Utami, T., Anggrahini, S., Harmayani, E., Rahajo, S., and Iramani, R. (2000).

Penetrasi natrium bisulfit dan kalium sorbat ke dalam nanas selama perendaman dan pengaruhnya terhadap produksi nanas. *AGRITECH* 16 (3): 1-6

Van der Wulp, M.Y.M., Verkade, H.J., Groen, A.K. (2013). Regulation of cholesterol homeostasis. *Mol. Cell. Endocrinol., Nuclear Receptors, Bile Acids and Cholesterol Homeostasis* 368 :1-16

Wardhana, RA. (2014). Investation of *bacillus substilis* and *streptomyces angustmyceticus* at planting medium of cavendish banana (*musa acuminata*, aaa) to control fusarium wilt.

Wettasinghe, M and S.Shahidi. (2000). Scavenging of Reactive-Oxygen species and DPPH free radicals by extract of Borage and evening primerose meals. *Food Chemistry* 70 : 17-26

Wiwaha, DA. (2007). Analisis Pengendalian Pasokan Pisang Cavendish Berdasarkan Hasil Ramalan Penjualan *Time Series* Terbaik Untuk Wilayah Pemasaran Jabotabek Pada PT. Sewu Segar Nusantara. Tesis. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

Weisburger, J.H. (2005). *Chemopreventive Effects of Cocoa Polyphenols on Chronic Disease*. <http://www.ebmonline.org/cgi/content/short/226/10/891>, diakses tanggal 5 Juni 2016. Thesis. Universitas Lampung

Winarsi, H., Wijayanti, S.P.M. dan Puwanto, A. (2012). Aktivitas Enzim Superoksida Dismutase, Katalase, dan Glutation Peroksidase Wanita Penderita Sindrom Metabolik. *MKB* 44 (1).

Wijaya, A. (1998). *Radikal Bebas dan Parameter Status Antioksidan*. Forum Diagnosticum. Laboratorium Klinik Prodia. Bandung.

Wijanarka, A., T. Sudargo, E. Harmayani and Y. Marsono, 2016. Changes in resistant starch content and glycemic index of pre-gelatinized gayam(*Inocarfus fagifer* Forst.) flour. *Pak. J. Nutr.*, 15: 649-654.

Wijanarka, A. (2017). Tepung gayam (*inocarfus fagifer* forst.): indeks glikemik, sifat fungsional, modifikasi siklus autoclaving-cooling serta sifat gizi in vitro dan in vivo. Disertasi. FTP UGM, Yogyakarta.

Winarno, F. G. (2000). Potensi dan Peran Tepung–tepungan bagi Industri Pangan dan Program Perbaikan Gizi. *Penganeka Ragaman Makanan untuk Memantapkan Ketersediaan Pangan*

Wong, J.M., de Souza, R., R., Kendall, C.W., Emam, A. dan Jenkins, D.J. (2006), Colonic health: Fermentation and short chain fatty acids. *J. Clin. Gastro.*

- World Health Organization. (2018). The top 10 causes of death. Diakses dari <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Xia, X., Ling, W., Ma, J., Xia, M., Hou, M., Wang, Q., H Zhu, H., and Tang, Z.(2006). An Anthocyanin-Rich Extract from Black Rice Enhances Atherosclerotic Plaque Stabilization in Apolipoprotein E–Deficient Mice. *J. Nutr.* 136: 2220–2225
- Yan, Xiaoguang, Ran Ye, Chen, Ye. (2015). Blasting extrusion processing: The increase of soluble dietary fiber content and extraction of soluble-fiber polysaccharides from wheat bran. *Food chemistry* 180: 106-115
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. (2006). Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38:521.
- Yen, G.C and Chen, H.Y. (1995).Antioxidant activity of various tea extracts in Relation to Their Antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.* 43: 27-32
- Yi, L., Chun-ye, C., Xin, J., Man-tian, M., Bin, Y., Hui, C., Wen-hua, L. dan Ting, Z. (2010). Structural Requirements of Anthocyanins in Relation To Inhibition Of Endothelial Injury Induced By Oxidized Low-Density Lipoprotein and Correlation With Radical Scavenging Activity. *FEBS Letter* 584: 583-590.
- Yoruk, R and Marshall, M.R. (2003). Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review. *Journal of Food Biochemistry* 27 : 361-422.
- Zhang H and Jin Z. (2011) Preparation of resistant starch by hydrolysis of maize starch with pullulanase. *Carbohydr Polym* 83(2): 865–867
- Zern, T. L., & Fernandez, M. L. (2005). Cardioprotective Effects of Dietary Polyphenols. *Journal Nutrition* 135: 2291–2294.
- Zhao,J., Bai, Y., Tao, S., Zhang, G., Wang, J., Liu, L., Zhang, S. (2019). Fiber-rich foods affected gut bacterial community and short-chain fatty acids production in pig model. *Journal of Functional Foods* 57: 266–274
- Zitouni K. (2005). Race specific differences in antioxidant enzyme activity in patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care* 28:17

Lampiran 1. Metode analisis

1.1. Kadar Air Metode Oven (AOAC, 1995)

Cawan/petridish kosong dan tutupnya dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang (cawan porselin didinginkan selama 20 menit). Timbang dengan cepat ± 5 gr sampel yang sudah dihomogenkan dalam cawan. Angkat tutup cawan dan tempatkan cawan berserta isi dan tutupnya di dalam oven selama 6 jam. Hindarkan kontak antara cawan dengan dinding oven. Untuk produk yang tidak mengalami dekomposisi dengan pengeringan yang lama, dapat dikeringkan selama 1 malam (16 jam).

Pindahkan cawan ke desikator, tutup dengan penutup cawan, lalu didinginkan. Setelah dingin timbang kembali. Keringkan kembali ke dalam oven sampai diperoleh berat yang tetap. Perhitungan:

$$\text{Berat sampel (gram)} = W1$$

$$\text{Berat sampel setelah dikeringkan (gram)} = W2$$

$$\text{Kehilangan berat (gram)} = W3$$

$$\text{Persen kadar air (wet basis)} = W3/W1 \times 100$$

$$\text{Total padatan (\%)} = W2/W1 \times 100$$

1.2. Kadar Protein Metode Mikro Kjeldahl (AOAC, 1995)

Timbang sejumlah kecil sampel, pindahkan ke dalam labu Kjeldahl 30 mL. Tambahkan 1,9 g K_2SO_4 , 40 mg H_2O dan 2,0 mL H_2SO_4 . Jika sampel lebih dari 15 mg, tambahkan 0,1 mL

H₂SO₄ untuk setiap 10 mg bahan organik di atas 15 mg. Tambahkan beberapa butir batu didih. Didihkan sampel selama 1-1,5 jam sampai cairan menjadi jernih. Dinginkan, tambahkan sejumlah kecil air secara perlahan, kemudian didinginkan.

Pindahkan isi labu ke dalam alat destilasi. Cuci dan bilas 5-6 kali dengan 1-2 mL air, pindahkan air cucian ini ke dalam alat destilasi. Letakkan erlenmeyer 125 mL yang berisi 5 mL. Larutan H₂BO₃ dan 2-4 tetes indikator (campuran 2 bagian metil merah 0,2% dalam alkohol) di bawah kondensor. Ujung tabung kondensor harus terendam di bawah larutan H₂BO₃. Tambahkan 8-10 mL larutan NaOH-Na₂S₂O₃, kemudian lakukan destilasi sampai tetampung kira-kira 15 mL destilat dalam erlenmeyer yang sama. Encerkan isi erlenmeyer sampai kira-kira 50 mL kemudian titrasi dengan HCl 0,02 N sampai terjadi perubahan warna menjadi abu-abu. Lakukan juga penetapan blanko. Perhitungan:

$$\%N = \frac{(\text{mL HCl} - \text{mL blanko}) \times \text{normalitas} \times 14,007 \times 100}{\text{mg sampel}}$$

$$\% \text{ protein} = \% N \times \text{faktor konversi}$$

1.3. Kadar lemak Metode Ekstraksi Soxhlet (AOAC, 1995)

Keringkan labu lemak dalam oven, dinginkan dalam desikator dan timbang. Timbang 5 g sampel dalam bentuk tepung, kemudian bungkus dengan kertas saring. Letakkan kertas saring yang berisi sampel dalam alat ekstraksi Soxhlet, kemudian pasang alat kondenser di atasnya, dan labu lemak dibawahnya. Tuangkan pelarut dietil eter atau petroleum eter ke dalam labu lemak secukupnya.

Lakukan refluks selama minimum 5 jam sampai pelarut yang turun kembali ke labu lemak berwarna jernih.

Distilasi pelarut yang ada di dalam labu lemak, tampung pelarutnya. Selanjutnya labu lemak yang berisi lemak hasil ekstraksi dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C. Setelah dikeringkan sampai berat tetap dan didinginkan dalam desikator, timbang labu beserta lemaknya tersebut. Perhitungan:

$$\% \text{ lemak} = \frac{\text{Berat lemak (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100$$

1.4. Kadar Abu (AOAC, 1995)

Cawan pengabuan disiapkan, dibakar dalam tanur, didinginkan dalam desikator, dan ditimbang. Selanjutnya timbang sebanyak 3-5 g sampel dalam cawan tersebut, letakkan dalam tanur pengabuan, bakar sampai didapatkan abu yang berwarna abu-abu atau sampai beratnya tetap. Pengabuan dilakukan dalam 2 tahap : pertama pada suhu sekitar 400 °C dan kedua pada suhu 550 °C. Dinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang. Perhitungan:

$$\% \text{ abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat sampel (g)}} \times 100$$

1.5. Analisis Kadar Total Serat Pangan (TDF), Serat Tidak Larut (IDF), dan Serat Larut (SDF) dengan Metode Multi Enzim

Serat pangan diukur menggunakan metode Asp *et al.* (1983). Serat tidak larut (IDF) dan serat larut (SDF) ditentukan dengan cara sebagai berikut, 1 g sampel dan duplikatnya ditimbang dengan akurasi 0,1 mg dan dimasukkan ke dalam wadah Erlenmeyer 500 ml, lalu ditambah Sodium phosphate (25 ml, 0,1 M,

pH 6,0), selanjutnya sampel diendapkan. Kemudian ditambahkan Termamyl 120 L (100 μ L, Novo industri AS), wadah ditutup dengan aluminium foil, kemudian wadah diinkubasi pada suhu 80°C selama 15 menit dengan pengguncangan. Wadah didinginkan, kemudian ditambahkan 20 ml air distilasi dan pH diatur menjadi 1,5 dengan 4 M HCl. Selanjutnya ke dalam wadah ditambahkan 100 mg pepsin, kemudian wadah ditutup dan diinkubasi dalam *waterbath* 40°C dengan pengguncangan selama 60 menit. Setelah wadah didinginkan, 20 ml air aquades ditambahkan dan pH diatur menjadi 6,8 dengan 4 M NaOH. Selanjutnya ke dalam wadah ditambahkan 100 mg pancreatin dan wadah ditutup dan diinkubasi pada *waterbath* 40°C dengan pengguncangan selama 60 menit. Selanjutnya pH diatur menjadi 4,5 dengan HCl, lalu larutan disaring menggunakan *crucible* yang kering dan sudah ditimbang yang mengandung 0,5 g *celite* kering dan dicuci dengan 2 x 10 ml air aquades. Residu serat tidak larut/IDF dicuci dengan 2 x 10 ml 94% ethanol, dikeringkan pada suhu 105°C semalam (*D1*), kemudian ditimbang dan diabukan pada suhu 550 °C semalam (*I1*). Serat larut/SDF diukur dengan cara, 400 ml 94% ethanol hangat (60°C) ditambahkan pada filtrate, dan presipitat dibiarkan terbentuk selama 1 jam. Larutan disaring seperti sebelumnya, kemudian dicuci dengan 2 x 10 ml 78% dan 94% ethanol. Presipitat (SDF) dikeringkan pada suhu 105°C semalam (*D2*), kemudian ditimbang dan diabukan sebagaimana pada sampel IDF (*I2*). Nilai blanko didapat dengan mengikuti prosedur tanpa sampel. Kadar serat pangan dapat diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$\text{IDF} = \frac{(D1-I1-B1)}{w} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{SDF} = \frac{(D2-I2-B2)}{W} \times 100\% \quad (2)$$

Kadar serat total = (1) + (2)

Keterangan:

D = berat (g) setelah pengeringan

I = berat (g) setelah pengabuan

B = berat (g) blanko bebas abu

W = berat sampel (g)

1.6. Kadar Pati Resisten

RS diukur menggunakan metode Goni *et al.* (1996). 100 mg sampel tepung EBP dimasukkan dalam tabung *centrifuge* tertutup, lalu ditambahkan 10 ml *buffer* KCL-HCL pH 1,5 selanjutnya divorteks. Kemudian ke dalam wadah ditambahkan 0,2 mL larutan pepsin (1 g pepsin/10 mL *buffer* KCL-HCL) lalu divorteks. Selanjutnya wadah dimasukkan dalam *waterbath* 40°C selama 60 menit dengan pengguncangan konstan. Selanjutnya wadah tersebut didinginkan pada suhu kamar. Setelah dingin ke dalam wadah ditambahkan 9 mL 0,1 M *Trismaleate buffer* pH 6,9, selanjutnya di tambahkan 1 mL larutan α -amylase (40 mg α -amylase per mL *buffer* *Trismaleate*). Kemudian wadah diinkubasi 16 jam pada *waterbath* 37°C dengan pengguncangan konstan. Selanjutnya wadah tabung di *centrifuge* 3000 g selama 15 menit, lalu supernatannya dibuang. Cuci dengan 10 mL air destilasi. Kemudian di *centrifuge* lagi dan supernatannya dibuang. Tambahkan 3 mL air aquades dengan hati-hati. Selanjutnya ditambahkan 3 mL dari KOH 4M. Wadah dimasukkan ke dalam *waterbath* suhu kamar selama 30 menit dengan pengguncangan konstan. Selanjutnya wadah ditambahkan 5,5 mL

HCL 2 M dan 3 mL *buffer sodium asetat* 0,4 M dengan pH 4,75. Kemudian

Ke dalam wadah ditambahkan 80 µL *amiloglukosidase*, campur dengan baik dan dimasukkan dalam *waterbath* 60°C selama 45 menit dengan pengguncangan konstan. Selanjutnya di *centrifuge* 3000g selama 15 menit. Kemudian supernatant diambil dan disimpan dalam tabung volume. Selanjutnya residu dicuci dengan 10 mL air aquades dan *centrifuge* lagi. Selanjutnya supernatant dikumpulkan lalu ditambahkan aquades hingga 50 mL. Kemudian kurva standar dibuat dari larutan glukosa (10-60 ppm) dari kit GOD PAP. Selanjutnya pipet 0,5 mL sampel, air, dan standar ke dalam tabung. Kemudian tambahkan 1 mL reagen kit GOD PAP. Kemudian dimasukkan dalam *waterbath* 37°C selama 30 menit. Selanjutnya ditera pada 510 nm melawan blanko (5 menit setelah inkubasi). Hitung RS dengan menggunakan kurva standar. Pati resisten merupakan mg glukosa x 0,9.

1.7. Analisis kadar karbohidrat *by difference* (AOAC, 1995)

Penentuan kadar karbohidrat menggunakan *by difference* dengan rumus sebagai berikut: %db karbohidrat = 100% - (kadar protein + kadar abu + kadar lemak)%

1.8. Analisis kadar total fenolik

Kadar total fenolik diukur menggunakan metode Senter *et al.* (2006) Pembuatan larutan standar asam galat: (a) pembuatan larutan stok asam galat 20 mg/100 ml; (b) pengambilan larutan stok sebanyak 2 ml, 1,6 ml; 1,2 ml; 0,8 ml; 0,4 ml; dan 0 ml untuk 6 buah tabung reaksi berurutan; (c) penambahan aquades sebanyak 0; 0,4 ml; 0,8; 1,2 ml; 1,6 ml; dan 2 ml untuk masing-masing tabung

secara berurutan; (d) pengambilan sebanyak 0,2 ml pada setiap pengenceran; (e) penambahan 1 ml reagen folin 0,8 ml larutan Na_2CO_3 7,5% dan 3 ml aquades masing-masing tabung kemudian dilakukan pencampuran dengan menggunakan vorteks; (f) penginkubasian selama 30 menit; (g) peneraan dengan absorbansi 750 nm. Penentuan kadar total fenolik: (a) pengambilan sebanyak 1 ml sampel tepung EBP; (b) Penambahan 1 ml reagen Folin, 0,8 ml larutan Na_2CO_3 7,5%, dan 3 ml aquades kemudian dilakukan pencampuran dengan menggunakan vorteks; (c) penginkubasian selama 30 menit; (d) peneraan absorbansinya dengan spektrofotometer $\lambda 750$ nm; (e) penghitungan kadar total fenolik dengan bantuan kurva standard asam galat. Kadar total fenolik dinyatakan dalam mg/100g bahan

1.9. Scanning Electron Microscopy (SEM) (Chen *et al.* 2014)

Scanning Electron Microscopy (SEM) diukur menggunakan metode Chen *et al.* (2014). Gambar *scanning electron* dari tepung EBPA dan EBPB10 diambil menggunakan *scanning electron microscope* (SU 1510, Hitachi, Jepang). Sampel disiapkan berdasarkan metode Jinglin *et al.* (2009), yaitu sampel dilarutkan dalam aseton untuk memperoleh suspensi 1%. Setetes suspensi pati-aseton diteteskan pada *slide microscope*. Setelah aseton dievaporasi, pati dilapisi dengan tepung emas. Sampel diletakkan pada *specimen holder* dengan *double-side scotch tape* dan *sputter-coated* dengan emas (5 menit, 2 mbar). Kemudian masing-masing sampel dipindahkan menuju SEM pada *acceleration voltage* 20 kV, perbesaran 5000x

1.10. Kapasitas Penahanan Air/ *Water Holding Capacity (WHC)*

Kapasitas penahanan air ditentukan menggunakan metode Chau dan Huang (2003) dengan sedikit modifikasi. 1 g sampel ditambah 10 mL air kemudian diaduk selama 24 jam dalam tabung *centrifuge* pada suhu kamar. Kemudian sampel di *centrifuge* (2500 g, 30 menit), supernatan dipisahkan ke dalam tabung volume 10 mL, kemudian volume diukur. WHC diukur sebagai milimeter air yang ditahan oleh satu gram sampel kering.

1.11. Kapasitas Penahanan Minyak/ *Oil Holding Capacity (OHC)*

OHC ditentukan menggunakan metode Chau dan Huang (2004) dengan sedikit modifikasi. Satu g sampel dicampur dengan minyak *maizene* (1:10), kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu kamar. Selanjutnya sampel di *centrifuge* 2500g selama 30 menit dan supernatan dipisahkan ke dalam tabung volume 10 mL, selanjutnya volume diukur. OHC diukur sebagai millimeter minyak sayur yang ditahan oleh satu gram sampel kering

1.12. Kapasitas Pengembangan/ *Swelling Capacity (SC)*

SC ditentukan menggunakan metode Robertson *et al.* (2000). Seratus mg sampel ditambah air aquades sebanyak 10 mL pada tabung volume, kemudian disimpan pada suhu kamar. Setelah ekuilibrasi selama 18 jam, volume pengembangan dicatat dan SC diukur sebagai volume (mL) air yang digunakan oleh sampel per gram

1.13. Kapasitas Pertukaran Kation/*Cation Exchange Capacity* (CEC)

CEC ditentukan menggunakan metode Jimenez *et al.*(2000). Setengah g sampel dilarutkan dalam 25 mL asam hidroklorida 2N kemudian disimpan selama 24 jam. Setelah 24 jam pengadukan secara kontinu, suspensi disentrifugasi selama 15 menit pada 2500g. Residu dicuci beberapa kali dengan aquades hingga pH supernatan di atas 4. Residu asam dilarutkan dalam 25 mL sodium klorida 0,3 M bersama dengan blanko dan air, dan setelah pengadukan dan sentrifugasi, supernatan dititrasi dengan 0,01 N sodium hidroksida. CEC diukur sebagai meq/g berat kering.

1.14. Analisis karakteristik *pasting* (*Rapid Visco Analyzer*/RVA)

Sifat *pasting* dianalisis menggunakan Rapid Visco Analyzer (RVA- Newport Scientific, Australia) yang dilengkapi program perangkat lunak Termoklin for Windows (TCW3). Empat gram (4 g) sampel ditimbang dalam wadah sampel RVA dan ditambah 25 g akuades. Pengukuran dengan RVA mencakup fase proses pemanasan dan pendinginan pada pengadukan konstan (160 rpm). Pada fase pemanasan, suspensi tepung dipanaskan dari suhu 50°C hingga 95°C dengan kecepatan 6°C/menit, kemudian dipertahankan pada suhu tersebut (*holding*) selama 5 menit. Setelah fase pemanasan selesai, pasta tepung dilewatkan pada fase pendinginan, yaitu suhu diturunkan dari 95°C menjadi 50°C dengan kecepatan 6°C/menit, selanjutnya dipertahankan pada suhu tersebut selama 2 menit. Alat RVA memplot kurva profil gelatinisasi yang menggambarkan hubungan nilai viskositas (cP) pada sumbu y dengan perubahan suhu (°C) selama fase pemanasan dan pendinginan pada sumbu x.

1.15. Analisis Profil Lipid Serum

Sampel serum darah dianalisis menggunakan kit diagnostik CHOD-PAP. Sampel darah diperoleh dari mata tikus (*retro orbital plexus*). Serum dipisahkan dari sel-sel darah melalui sentrifugasi pada 2000 rpm selama 10 m dan segera digunakan pada uji profil lipid menggunakan kit diagnostik. TG, TC, HDL-C, dan LDL-C diukur pada λ 550 nm. Konsentrasinya (mmol/L) dihitung dengan persamaan berikut: $[sp] = \frac{(Asp - Abl)(Ast - Abl)}{(Ast - Abl) \times [st]}$. [sp] merupakan konsentration sampel, Asp merupakan absorbansi sampel, Abl merupakan absorbansi blanko, Ast merupakan absorbansi standar, dan [st] merupakan konsentrasi standar. Warna yang dihasilkan diukur absorbansinya (Deeg dan Ziegenhorn, 1983). Kadar LDL kolesterol diperoleh melalui perhitungan dengan rumus Rubenfire *et al.* (1998). $LDL \text{ kolesterol} = \text{Total kolesterol} - \text{trigliserida}/5 - \text{HDL kolesterol}$. Kolesterol HDL ditentukan secara enzimatis dengan metode CHOD-PAP. LDL dan VLDL diendapkan menggunakan asam *phosphotungstic* dan *magnesium chloride*, kemudian dipisahkan dengan sentrifugasi. Supernatan yang diperoleh ditambah enzim kemudian diukur absorbansinya. Kolesterol HDL dihitung menggunakan metode Eckel *et al.* (1977)

1.16. Penghitungan Indeks Atherogenik Plasma

Indeks Atherogenik Plasma (IAP) dihitung menggunakan metode Niroumand *et al.* (2015) dengan rumus $\log (\text{trigliserida}/\text{HDL})$. Selanjutnya Berdasarkan resiko terhadap aterosklerosis, IAP dikelompokkan menjadi 3 katagori yaitu resiko rendah ($< 0,11$), sedang ($0,11 - 0,21$), dan tinggi ($> 0,21$)

1.17. Analisis Pengikatan Asam Empedu Secara *In Vitro*

Kapasitas pengikatan asam empedu (*cholic acid*, *deoxycholic acid*) diukur menggunakan metode Soral *et al.*(2000). Sampel 100 mg dicampur dengan 10 mL larutan asam empedu yang disiapkan dalam 0,1 mol buffer fosfat pH 7,6 untuk setiap asam empedu pada konsentrasi 2 $\mu\text{mol/mL}$. Sampel dan blanko diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 m. Sentrifugasi dilakukan pada kecepatan 2000g selama 5 m. 50 μL sampel dicampur dengan asam sulfurat 70% dan 1 mL larutan furfural segar (2,3 g/L). Absorbansi diukur pada $\lambda 510$ nm setelah 80 menit. Hasil diekspresikan sebagai % absorpsi asam empedu.

1.18. Analisis Kadar Air dan Berat Digesta

Analisis kadar air digesta dilakukan seperti pada penelitian Rahmawati *et al.*, 2018. Digesta dari masing-masing tikus diisolasi dan isi keseluruhan digesta merupakan berat digesta, sedangkan kadar air digesta dianalisis dengan metode gravimetri. Sampel digesta yang sudah diencerkan dengan menggunakan akuades dengan jumlah tertentu dimasukkan dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 8 jam. Penimbangan dilakukan hingga mencapai berat konstan.

1.19. Analisis pH Digesta

Analisis pH dilakukan mengikuti prosedur Tenorio *et al.*, 2010. Pengamatan pH digesta dilakukan dengan mensuspensikan digesta pada aquabidest steril bebas ion (1:10, w/v) sesegera mungkin setelah sampling. Selanjutnya dicampur dan divorteks. pH diukur dengan pH meter dengan cara menghubungkan elektroda dengan *fitting* kemudian dimasukkan dalam sampel

yang telah diencerkan dengan akuades. Angka-angka yang ditunjukkan pada alat pH meter merupakan pH dari cairan *caecum*.

1.20. Analisis Kolesterol Digesta

Analisis kolesterol digesta dilakukan mengikuti metode Plummer, 1978. 1 g digesta ditambah 10 mL larutan aseton-alkohol (1:1), dipanaskan dalam air mendidih sambil digoyang sampai mendidih, didinginkan pada suhu kamar. Larutan disaring, filtratnya disentrifugasi selama 15 menit pada 2500 rpm. Supernatan diuapkan dalam *waterbath* pada 100 °C sampai kering, didinginkan, lalu dilarutkan dengan pelarut kloroform 3 mL, ditambah 3 mL larutan asetat anhidrid-asam sulfat pekat 30:1, dihomogenkan dan ditempatkan dalam ruang gelap selama 5 menit hingga berwarna hijau kebiruan. Dibuat larutan blanko dengan cara yang sama. Pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 680 nm. Perhitungan kadar kolesterol digesta dilakukan dengan membandingkan absorbansi sampel dengan absorbansi kolesterol standar.

1.21. Analisis Asam Lemak Rantai Pendek/SCFA

Analisis SCFA digesta tikus dilakukan mengikuti prosedur Henningsson *et al.*, 2002. Tikus dibedah, diambil kolon (usus besarnya), dikeluarkan digestanya. Sentrifus digesta dengan kecepatan 14000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil untuk analisis dengan kromatografi gas (GC). Injeksikan supernatan ke dalam kolom GC, dengan kondisi sebagai berikut: *kolom GP 1200/1 % HPP30 on chromosorb waw*, panjang kolom 2 meter, suhu kolom 130 °C, suhu *injector*

detector 230 °C, gas pembawa nitrogen dengan tekanan 1,25 kg/cm², mesin GC Shimadzu seri GC 8.

1.22. Penentuan Rasio Molar SCFA (%)

Rasio molar SCFA ditentukan dengan cara menghitung rasio dalam persen dari masing-masing asam asetat, asam propionat, dan asam butirat. Data rasio molar ketiga asam tersebut diperoleh dari data hasil analisis konsentrasi SCFA

1.23. Analisis Tekstur *Food Bar* dengan *Universal Texture Analyser* (Cahyono, 2015).

Prinsip kerja: memberikan tekanan kepada sampel, dimana besar tekanannya akan terekam dan disajikan dalam bentuk grafik.

Cara kerja:

Siapkan sampel sesuaikan dengan perlakuan. Aktifkan program alat. Power mesin dalam posisi ON. Tunggu sampai proses download selesai .Panel mesin dalam posisi ON. Sesuaikan Test Standard (Compression, Tensile Strength, Penetration). Setiap melakukan pengujian perhatikan parameter, sesuaikan dengan pengujian yang akan dilakukan. Isi data sampel sesuai dengan specimen. Lakukan pengujian, tunggu sampai proses pengujian selesai. Sesuaikan grafik dengan data yang ada. Tuliskan kode sampel. Cetak hasil pengujian

1.24. Penilaian Uji Sensoris

FORMULIR
UJI KESUKAAN (UJI HEDONIK) (Ladamay *et al.*, 2014)

Nama panelis :
Umur :
Jenis Kelamin :
Telp/Hp :

Intruksi

1. Cicipilah sampel satu persatu
2. Pada kolom kode sampel berikanlah penilaian anda dengan cara memasukkan nomor (lihat keterangan yang ada di bawah label) berdasarkan tingkat kesukaan.
3. Netralkanlah indra pengecap anda dengan air putih setelah selesai mencicipi satu sampel
4. Jangan membandingkan tingkat kesukaan antar sampel
5. Setelah selesai berilah komentar anda dalam ruang yang telah disediakan

Indikator	Kode sampel						
	877	297	752	543	639	487	361
Warna							
Aroma							
Rasa							
Tekstur							

Keterangan: 1. sangat tidak suka 2. tidak suka 3. netral 4. suka 5. sangat suka

Komentar:

Terima kasih

1.25. Analisis Aktivitas Antioksidan

Pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan metode *DPPH free radical scavenging activity* metode Hatano *et al* (1988). dalam metode Yen dan Chen (1995). 200 mg sampel ditambah 5 ml methanol, kemudian diekstraksi

dengan cara divorteks selama ± 1 jam. Selanjutnya 200 μL ditambah 5 ml methanol dan 1 ml larutan DPPH 0,1 mM, selanjutnya dimasukkan dalam tabung reaksi kaca bertutup dan diinkubasi pada suhu kamar selama 30 menit. Selanjutnya tera absorbansinya dengan spektrofotometer λ 517 nm. Aktivitas antioksidan dinyatakan dalam % radical scavenging activity (%RSA)

1.26. Pengujian Kapasitas Total Antioksidan Dengan Metode FRAP (Benzie & Strain, 1996)

Reagen FRAP disiapkan dari 300 mM buffer sodium asetat dan asam asetat glasial (pH 3,6), 20 mM ferri klorida ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), dan 10 nM 2,4,6-tripiryridyl-s-triazine (TPTZ) dalam 40 mM HCL. 3 macam larutan tersebut dicampur dengan rasio 10:1:1. Ketika digunakan, reagen FRAP dalam kondisi suhu 37 °C.



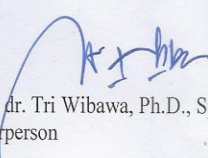

Pengukuran FRAP dilakukan dengan mencampur 3 ml reagen FRAP dengan 100 μL plasma, kemudian divorteks hingga homogen. Selanjutnya diinkubasi selama 5 menit pada 37°C dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 593 nm. Blanko dibuat dengan perlakuan yang sam seperti sampel. Kurva standar dibuat menggunakan larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0-100 $\mu\text{mol/L}$

1.27. Pengujian Kadar MDA Plasma dengan Metode TBARS (Placer *et al.*, 1966)

Reagen TBA disiapkan dari 0,67 gram TBA ditambah aquabides sampai volume 100 ml, kemudian ditambah 0,5 gram NaOH dan 100 ml asam asetat glasial.

100 μ L plasma darah ditambah dengan 0,9 ml aquabides dan 0,5 ml reagen TBA. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 95 °C selama 1 jam, kemudian disentrifuge pada 7000 g selama 10 menit. Supernatan hasil sentrifugasi ditera absorbansinya pada panjang gelombang 532 nm. Blanko dibuat dengan perlakuan sama seperti sampel. Kurva standar dibuat menggunakan larutan TMP (tetratoksipropan) dengan konsentrasi 0-100 μ mol/L

Lampiran 2. Sertifikat Ethical Clearance penelitian

	MEDICAL AND HEALTH RESEARCH ETHICS COMMITTEE (MHREC) FACULTY OF MEDICINE GADJAH MADA UNIVERSITY - DR. SARDJITO GENERAL HOSPITAL	
ETHICS COMMITTEE APPROVAL		
Ref : KE/FK/1076 /EC/2018		
Title of the Research Protocol	:	Potensi Tepung Empulur Batang Pisang pada Pembuatan Food Bar Anti Dislipidemia Berbahan Pati Ganyong
Documents Approved	:	Study Protocol versi 02 2018
Principle Investigator	:	Welli Yuliatmoko
Name of supervisor	:	1. Prof. Dr. Ir. Y. Marsono 2. Prof. Dr. Ir. Agnes Murdiati, MS 3. Dr. Yudi Pranoto, STP., MP
Date of Approval	:	11 OCT 2018 (Valid for one year beginning from the date of approval)
Institution(s)/place(s) of research	:	Laboratorium Pangan dan Gizi, Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta, dan LPPT UGM Yogyakarta dan Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Polinela, Lampung
<p>The Medical and Health Research Ethics Committee (MHREC) states that the above protocol meets the ethical principle outlined in the Declaration of Helsinki 2013 and therefore can be carried out.</p> <p>The Medical and Health Research Ethics Committee (MHREC) has the right to monitor the research activities at any time.</p> <p>The investigator(s) is/are obliged to submit:</p> <p><input type="checkbox"/> Progress report as a continuing review : Annually</p> <p><input type="checkbox"/> Report of any serious adverse events (SAE)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Final report upon the completion of the study</p>		
 Prof. dr. Tri Wibawa, Ph.D., Sp.MK(K) Chairperson		 dr. Yana Supriatna, Sp.Rad(K)., Ph.D Secretary
<p>Attachments:</p> <p><input type="checkbox"/> Continuing review submission form (AF 4.3.01-014.2013-03)</p> <p><input type="checkbox"/> Serious adverse events (SAE) report form (AF 6.1.01- 019.2013-03)</p>		
<hr/> <p><i>Recognized by Forum for Ethical Review Committees in Asia and the Western Pacific (FERCAP)</i> 11-Oct-18</p>		

Lampiran 3. Perhitungan komposisi pakan perlakuan (diet pakan tikus iso serat)

PERHITUNGAN FORMULA PAKAN HPEA PER 1000 GRAM

No.	Komposisi	Perhitungan
1.	Serat (Iso Serat)	Kandungan serat pakan standar = 50 gram Kebutuhan pakan HPK berdasarkan Iso Serat: $(50/46,11) \times 100 = 108,44$ gram
2	Protein (Iso protein)	Kandungan protein pakan standar 85% x 140 g = 119 g Kebutuhan protein HPEA berdasarkan iso serat: $7,31/100 \times 108,44$ gram = 7,93 gram kekurangannya adalah $119 - 7,93 = 111,07$ gram.
2.	Lemak	$0,82\% \times 108,44 = 0,89$ gram Penggunaan minyak kedele = $40 - 0,89 = 39,11$ gram
3.	Karbohidrat	$54,30\% \times 108,44 = 58,88$ gram Penggunaan pati jagung = Karbohidrat (by dif) AIN 93 – 58,88 $= (620,7 + 50) - 58,88$ $= 611,82$ gram
4.	Abu/mineral	$31,20\% \times 108,44 = 33,83$ Penggunaan mineral mix = $35 - 33,83 = 1,17$ gram

PERHITUNGAN FORMULA PAKAN HPEB10 PER 1000 GRAM

No.	Komposisi	Perhitungan
	Serat (Iso Serat)	Kandungan serat pakan standar = 50 gram Kebutuhan pakan HPK berdasarkan Iso Serat: $(50/43,82) \times 100 = 114,10$ gram
1.	Protein (Iso protein)	Kandungan protein pakan standar 85% x 140 g = 119 g Kebutuhan TKM berdasarkan iso protein: $(7,22/100) \times 114,10 = 8,24$ gram Kekurangan protein $119 - 8,24 = 110,76$ gram
2.	Lemak	$0,89\% \times 114,10$ gram = 1,02 gram Penggunaan minyak kedele = $40 - 1,02 = 38,98$ gram
3.	Karbohidrat	$59,69\% \times 114,10 = 68,11$ gram Penggunaan pati jagung = Karbohidrat (by dif) AIN 93 – 68.11 gram $= (620,7 + 50) - 68.11 = 702,59$ gram
4.	Abu/mineral	$26,01\% \times 114,10 = 29,68$ Penggunaan mineral mix = $35 - 29,68 = 5,32$ gram

Lampiran 3. Perhitungan komposisi pakan perlakuan (lanjutan)

PERHITUNGAN FORMULA PAKAN HPFB PER 1000 GRAM

No.	Komposisi	Perhitungan
	Serat (Iso Serat)	Kandungan serat pakan standar = 50 gram Kebutuhan pakan HPK berdasarkan Iso Serat: $(50/7,58) \times 100 = 659,63$ gram
1.	Protein (Iso protein)	Kandungan protein pakan standar 85% x 140 g = 119 g Kebutuhan HPFB berdasarkan iso protein: $(119/1,50) \times 659,63 = 52,33$ gram Kekurangannya $119 - 52,33 = 66,67$
2.	Lemak	$10,93\% \times 659,63 = 72,10$ gram Penggunaan minyak kedele = $40 - 72,10 = -32,10$ gram
3.	Karbohidrat	$77,95\% \times 659,63 = 514,18$ gram Penggunaan pati jagung = Karbohidrat (by dif) AIN 93 – 514,18 $= (620,7 + 50) - 514,18$ $= 670,7 - 514,18 = 156,52$ gram
4.	Abu/mineral	$2,68\% \times 659,63 = 17,68$ Penggunaan mineral mix = $35 - 17,68 = 17,32$ gram

Lampiran 4. Hasil analisis statistik

4.1 Derajat putih (indeks keputihan) tepung EBP alami (EA), EBP *blanching* suhu 100 °C, 10 menit (EB10), EBP perendaman dalam larutan natrium bisulfit 1% selama 90 menit (ER90).

Descriptives

Indeks_Keputihan

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
EA	3	53.5633	.42004	.24251	52.5199	54.6068	53.08	53.84
EB10	3	56.7433	.30600	.17667	55.9832	57.5035	56.39	56.92
ER90	3	68.8733	.17010	.09821	68.4508	69.2959	68.68	69.00
Total	9	59.7267	7.00217	2.33406	54.3443	65.1090	53.08	69.00

ANOVA

Indeks_Keputihan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	391.645	2	195.823	1964.776	.000
Within Groups	.598	6	.100		
Total	392.243	8			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Indeks_Keputihan

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	EA	EB10	-3.18000 [*]	.25777	.000	-3.8107	-2.5493
		ER90	-15.31000 [*]	.25777	.000	-15.9407	-14.6793
	EB10	EA	3.18000 [*]	.25777	.000	2.5493	3.8107
		ER90	-12.13000 [*]	.25777	.000	-12.7607	-11.4993
	ER90	EA	15.31000 [*]	.25777	.000	14.6793	15.9407
		EB10	12.13000 [*]	.25777	.000	11.4993	12.7607

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.2. Serat pangan larut tepung EA, EB10, dan ER90.

Descriptives

Serat_larut

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
EA	3	2.3500	.72173	.41669	.5571	4.1429	1.52	2.83
EB10	3	5.9000	.26514	.15308	5.2414	6.5586	5.61	6.13
ER90	3	2.7433	.35501	.20497	1.8614	3.6252	2.35	3.04
Total	9	3.6644	1.73768	.57923	2.3287	5.0001	1.52	6.13

ANOVA

Serat_larut

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	22.722	2	11.361	47.520	.000
Within Groups	1.434	6	.239		
Total	24.156	8			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Serat_larut

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
EA	EB10	-3.55000*	.39923	.000	-4.5269	-2.5731
	ER90	-.39333	.39923	.363	-1.3702	.5835
EB10	EA	3.55000*	.39923	.000	2.5731	4.5269
	ER90	3.15667*	.39923	.000	2.1798	4.1335
ER90	EA	.39333	.39923	.363	-.5835	1.3702
	EB10	-3.15667*	.39923	.000	-4.1335	-2.1798

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.3. Total fenolik tepung EA, EB10, dan ER90.

Descriptives

Total phenolic_Perlakuan terbaik

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
EA	3	121.6233	1.15154	.66484	118.7628	124.4839	120.31	122.46
EB10	3	132.8067	2.13613	1.23329	127.5002	138.1131	130.77	135.03
ER90	3	104.0967	.45633	.26346	102.9631	105.2302	103.71	104.60
Total	9	119.5089	12.59320	4.19773	109.8289	129.1889	103.71	135.03

ANOVA

Total phenolic_Perlakuan terbaik

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1256.515	2	628.258	309.116	.000
Within Groups	12.195	6	2.032		
Total	1268.710	8			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Total phenolic_Perlakuan terbaik

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
EA	EB10	-11.18333 [*]	1.16403	.000	-14.0316	-8.3351
	ER90	17.52667 [*]	1.16403	.000	14.6784	20.3749
EB10	EA	11.18333 [*]	1.16403	.000	8.3351	14.0316
	ER90	28.71000 [*]	1.16403	.000	25.8617	31.5583
ER90	EA	-17.52667 [*]	1.16403	.000	-20.3749	-14.6784
	EB10	-28.71000 [*]	1.16403	.000	-31.5583	-25.8617

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

4.4. Sifat fungsional serat pangan

Group Statistics

	Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kapasitas_WHC	EA	3	433.1633	1.53884	.88845
	EB10	3	443.9667	.96459	.55691

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kapasitas_WHC	Equal variances assumed	1.032	.367	-10.303	4	.001	-10.80333	1.04857	-13.71462	-7.89205
	Equal variances not assumed			-10.303	3.361	.001	-10.80333	1.04857	-13.94624	-7.66043

Group Statistics

	Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kapasitas_OHC	EA	3	300.3967	.55175	.31856
	EB10	3	297.2500	2.43625	1.40657

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kapasitas_OHC	Equal variances assumed	8.919	.040	2.182	4	.095	3.14667	1.44219	-.85749	7.15083
	Equal variances not assumed			2.182	2.205	.149	3.14667	1.44219	-2.53804	8.83137

Group Statistics

	Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kapasitas_SC	EA	3	855.2700	1.90218	1.09823
	EB10	3	869.1400	2.07545	1.19826

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kapasitas_SC	Equal variances assumed	.001	.976	-8.533	4	.001	-13.87000	1.62540	-18.38284	-9.35716
	Equal variances not assumed			-8.533	3.970	.001	-13.87000	1.62540	-18.39633	-9.34367

Group Statistics

	Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Kapasitas_CEC	EA	3	67.3333	1.15470	.66667
	EB10	3	77.3333	1.15470	.66667

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Kapasitas_CEC	Equal variances assumed	.000	1.000	-10.607	4	.000	-10.00000	.94281	-12.61766	-7.38234
	Equal variances not assumed			-10.607	4.000	.000	-10.00000	.94281	-12.61766	-7.38234

4.5. Perbedaan komposisi kimia food bar pati ganyong : EBP (FBE)

Descriptives

Serat larut food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	6	.0000	.00000	.00000	.0000	.0000	.00	.00
95 : 5	6	.2017	.01722	.00703	.1836	.2197	.18	.23
90 : 10	6	.6217	.07223	.02949	.5459	.6975	.54	.72
85 : 15	6	.8350	.02345	.00957	.8104	.8596	.82	.88
80 : 20	6	.8600	.02098	.00856	.8380	.8820	.84	.89
75 : 25	6	.9500	.05215	.02129	.8953	1.0047	.88	1.00
Total	36	.5781	.36314	.06052	.4552	.7009	.00	1.00

Keterangan:

Perlakuan	Proporsi pati ganyong: tepung EBP
877	100 : 0
297	95 : 5
752	90 : 10
639	85 : 15
487	80 : 20
361	75 : 25

ANOVA

Serat larut food bar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.569	5	.914	594.507	.000
Within Groups	.046	30	.002		
Total	4.616	35			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: serat larut food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	-.20167 [*]	.02264	.000	-.2479	-.1554
		752	-.62167 [*]	.02264	.000	-.6679	-.5754
		639	-.83500 [*]	.02264	.000	-.8812	-.7888
		487	-.86000 [*]	.02264	.000	-.9062	-.8138
		361	-.95000 [*]	.02264	.000	-.9962	-.9038
	95 : 5	877	.20167 [*]	.02264	.000	.1554	.2479
		752	-.42000 [*]	.02264	.000	-.4662	-.3738
		639	-.63333 [*]	.02264	.000	-.6796	-.5871
		487	-.65833 [*]	.02264	.000	-.7046	-.6121
		361	-.74833 [*]	.02264	.000	-.7946	-.7021
	90 : 10	877	.62167 [*]	.02264	.000	.5754	.6679
		297	.42000 [*]	.02264	.000	.3738	.4662
		639	-.21333 [*]	.02264	.000	-.2596	-.1671
		487	-.23833 [*]	.02264	.000	-.2846	-.1921
		361	-.32833 [*]	.02264	.000	-.3746	-.2821
	85 : 15	877	.83500 [*]	.02264	.000	.7888	.8812
		297	.63333 [*]	.02264	.000	.5871	.6796
		752	.21333 [*]	.02264	.000	.1671	.2596
		487	-.02500	.02264	.278	-.0712	.0212
		361	-.11500 [*]	.02264	.000	-.1612	-.0688
	80 : 20	877	.86000 [*]	.02264	.000	.8138	.9062

75 : 25	297	.65833 [*]	.02264	.000	.6121	.7046
	752	.23833 [*]	.02264	.000	.1921	.2846
	639	.02500	.02264	.278	-.0212	.0712
	361	-.09000 [*]	.02264	.000	-.1362	-.0438
	877	.95000 [*]	.02264	.000	.9038	.9962
	297	.74833 [*]	.02264	.000	.7021	.7946
	752	.32833 [*]	.02264	.000	.2821	.3746
	639	.11500 [*]	.02264	.000	.0688	.1612
	487	.09000 [*]	.02264	.000	.0438	.1362

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Total fenolik food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	6	62.7433	.45214	.18458	62.2688	63.2178	62.05	63.26
95 : 5	6	73.5033	.29029	.11851	73.1987	73.8080	72.96	73.83
90 : 10	6	101.8500	.91529	.37367	100.8895	102.8105	101.14	103.29
85 : 15	6	105.7483	.64391	.26287	105.0726	106.4241	105.21	106.68
80 : 20	6	117.6000	.95513	.38993	116.5976	118.6024	116.10	118.46
75 : 25	6	123.1883	.70531	.28794	122.4482	123.9285	122.04	123.90
Total	36	97.4389	22.43910	3.73985	89.8466	105.0312	62.05	123.90

ANOVA

Total fenolik food bar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17608.209	5	3521.642	7160.703	.000
Within Groups	14.754	30	.492		
Total	17622.963	35			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: total fenolik food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	-10.76000 [*]	.40489	.000	-11.5869	-9.9331
		752	-39.10667 [*]	.40489	.000	-39.9336	-38.2798
		639	-43.00500 [*]	.40489	.000	-43.8319	-42.1781
		487	-54.85667 [*]	.40489	.000	-55.6836	-54.0298
		361	-60.44500 [*]	.40489	.000	-61.2719	-59.6181
	95 : 5	877	10.76000 [*]	.40489	.000	9.9331	11.5869
		752	-28.34667 [*]	.40489	.000	-29.1736	-27.5198
		639	-32.24500 [*]	.40489	.000	-33.0719	-31.4181
		487	-44.09667 [*]	.40489	.000	-44.9236	-43.2698
		361	-49.68500 [*]	.40489	.000	-50.5119	-48.8581
	90 : 10	877	39.10667 [*]	.40489	.000	38.2798	39.9336
		297	28.34667 [*]	.40489	.000	27.5198	29.1736
		639	-3.89833 [*]	.40489	.000	-4.7252	-3.0714
		487	-15.75000 [*]	.40489	.000	-16.5769	-14.9231
		361	-21.33833 [*]	.40489	.000	-22.1652	-20.5114
	85 : 15	877	43.00500 [*]	.40489	.000	42.1781	43.8319
		297	32.24500 [*]	.40489	.000	31.4181	33.0719
		752	3.89833 [*]	.40489	.000	3.0714	4.7252
		487	-11.85167 [*]	.40489	.000	-12.6786	-11.0248
		361	-17.44000 [*]	.40489	.000	-18.2669	-16.6131
	80 : 20	877	54.85667 [*]	.40489	.000	54.0298	55.6836
		297	44.09667 [*]	.40489	.000	43.2698	44.9236
		752	15.75000 [*]	.40489	.000	14.9231	16.5769
		639	11.85167 [*]	.40489	.000	11.0248	12.6786
		361	-5.58833 [*]	.40489	.000	-6.4152	-4.7614
	75 : 25	877	60.44500 [*]	.40489	.000	59.6181	61.2719
		297	49.68500 [*]	.40489	.000	48.8581	50.5119
		752	21.33833 [*]	.40489	.000	20.5114	22.1652
		639	17.44000 [*]	.40489	.000	16.6131	18.2669
		487	5.58833 [*]	.40489	.000	4.7614	6.4152

Descriptives

Sensori warna food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	3	2.8000	.04000	.02309	2.7006	2.8994	2.76	2.84
95 : 5	3	2.4667	.06110	.03528	2.3149	2.6184	2.40	2.52
90 : 10	3	3.1600	.04000	.02309	3.0606	3.2594	3.12	3.20
85 : 15	3	3.1067	.04619	.02667	2.9919	3.2214	3.08	3.16
80 : 20	3	2.7200	.06928	.04000	2.5479	2.8921	2.64	2.76
75 : 25	3	2.5867	.08327	.04807	2.3798	2.7935	2.52	2.68
Total	18	2.8067	.26577	.06264	2.6745	2.9388	2.40	3.20

ANOVA

Sensori_Warna

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.159	5	.232	66.877	.000
Within Groups	.042	12	.003		
Total	1.201	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: sensori warna food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	.33333 [*]	.04807	.000	.2286	.4381
		752	-.36000 [*]	.04807	.000	-.4647	-.2553
		639	-.30667 [*]	.04807	.000	-.4114	-.2019
		487	.08000	.04807	.122	-.0247	.1847
		361	.21333 [*]	.04807	.001	.1086	.3181
	95 : 5	877	-.33333 [*]	.04807	.000	-.4381	-.2286
		752	-.69333 [*]	.04807	.000	-.7981	-.5886
		639	-.64000 [*]	.04807	.000	-.7447	-.5353
		487	-.25333 [*]	.04807	.000	-.3581	-.1486
		361	-.12000 [*]	.04807	.028	-.2247	-.0153
	90 : 10	877	.36000 [*]	.04807	.000	.2553	.4647
		297	.69333 [*]	.04807	.000	.5886	.7981
		639	.05333	.04807	.289	-.0514	.1581
		487	.44000 [*]	.04807	.000	.3353	.5447
		361	.57333 [*]	.04807	.000	.4686	.6781
	85 : 15	877	.30667 [*]	.04807	.000	.2019	.4114
		297	.64000 [*]	.04807	.000	.5353	.7447
		752	-.05333	.04807	.289	-.1581	.0514
		487	.38667 [*]	.04807	.000	.2819	.4914
		361	.52000 [*]	.04807	.000	.4153	.6247
	80 : 20	877	-.08000	.04807	.122	-.1847	.0247
		297	.25333 [*]	.04807	.000	.1486	.3581
		752	-.44000 [*]	.04807	.000	-.5447	-.3353
		639	-.38667 [*]	.04807	.000	-.4914	-.2819
		361	.13333 [*]	.04807	.017	.0286	.2381
	75 : 25	877	-.21333 [*]	.04807	.001	-.3181	-.1086
		297	.12000 [*]	.04807	.028	.0153	.2247
		752	-.57333 [*]	.04807	.000	-.6781	-.4686
		639	-.52000 [*]	.04807	.000	-.6247	-.4153
		487	-.13333 [*]	.04807	.017	-.2381	-.0286

Descriptives

Sensori: aroma food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	3	2.9600	.04000	.02309	2.8606	3.0594	2.92	3.00
95 : 5	3	2.6800	.04000	.02309	2.5806	2.7794	2.64	2.72
90 : 10	3	2.9000	.05292	.03055	2.7686	3.0314	2.86	2.96
85 : 15	3	3.0000	.04000	.02309	2.9006	3.0994	2.96	3.04
80 : 20	3	2.6200	.06928	.04000	2.4479	2.7921	2.54	2.66
75 : 25	3	2.5200	.04000	.02309	2.4206	2.6194	2.48	2.56
Total	18	2.7800	.19146	.04513	2.6848	2.8752	2.48	3.04

ANOVA

Sensori aroma food bar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.595	5	.119	51.017	.000
Within Groups	.028	12	.002		
Total	.623	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable : sensori aroma food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	.28000*	.03944	.000	.1941	.3659
		752	.06000	.03944	.154	-.0259	.1459
		639	-.04000	.03944	.331	-.1259	.0459
		487	.34000*	.03944	.000	.2541	.4259
		361	.44000*	.03944	.000	.3541	.5259
	95 : 5	877	-.28000*	.03944	.000	-.3659	-.1941
		752	-.22000*	.03944	.000	-.3059	-.1341
		639	-.32000*	.03944	.000	-.4059	-.2341
		487	.06000	.03944	.154	-.0259	.1459
		361	.16000*	.03944	.002	.0741	.2459
	90 : 10	877	-.06000	.03944	.154	-.1459	.0259
		297	.22000*	.03944	.000	.1341	.3059
		639	-.10000*	.03944	.026	-.1859	-.0141
		487	.28000*	.03944	.000	.1941	.3659
		361	.38000*	.03944	.000	.2941	.4659
	85 : 15	877	.04000	.03944	.331	-.0459	.1259
		297	.32000*	.03944	.000	.2341	.4059
		752	.10000*	.03944	.026	.0141	.1859
		487	.38000*	.03944	.000	.2941	.4659
		361	.48000*	.03944	.000	.3941	.5659
	80 : 20	877	-.34000*	.03944	.000	-.4259	-.2541
		297	-.06000	.03944	.154	-.1459	.0259
		752	-.28000*	.03944	.000	-.3659	-.1941
		639	-.38000*	.03944	.000	-.4659	-.2941
		361	.10000*	.03944	.026	.0141	.1859
	75 : 25	877	-.44000*	.03944	.000	-.5259	-.3541
		297	-.16000*	.03944	.002	-.2459	-.0741
		752	-.38000*	.03944	.000	-.4659	-.2941
		639	-.48000*	.03944	.000	-.5659	-.3941
		487	-.10000*	.03944	.026	-.1859	-.0141

Descriptives

Sensori rasa food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	3	2.6800	.08000	.04619	2.4813	2.8787	2.60	2.76
95 : 5	3	2.7200	.04000	.02309	2.6206	2.8194	2.68	2.76
90 : 10	3	3.0000	.04000	.02309	2.9006	3.0994	2.96	3.04
85 : 15	3	3.0400	.04000	.02309	2.9406	3.1394	3.00	3.08
80 : 20	3	2.3600	.04000	.02309	2.2606	2.4594	2.32	2.40
75 : 25	3	2.3200	.04000	.02309	2.2206	2.4194	2.28	2.36
Total	18	2.6867	.28950	.06824	2.5427	2.8306	2.28	3.08

ANOVA

Sensori_Rasa food bar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.396	5	.279	116.333	.000
Within Groups	.029	12	.002		
Total	1.425	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: sensori rasa food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	-.04000	.04000	.337	-.1272	.0472
		752	-.32000*	.04000	.000	-.4072	-.2328
		639	-.36000*	.04000	.000	-.4472	-.2728
		487	.32000*	.04000	.000	.2328	.4072
		361	.36000*	.04000	.000	.2728	.4472
		877	.04000	.04000	.337	-.0472	.1272
	95 : 5	752	-.28000*	.04000	.000	-.3672	-.1928
		639	-.32000*	.04000	.000	-.4072	-.2328
		487	.36000*	.04000	.000	.2728	.4472
		361	.40000*	.04000	.000	.3128	.4872
		877	.32000*	.04000	.000	.2328	.4072
		297	.28000*	.04000	.000	.1928	.3672
	90 : 10	639	-.04000	.04000	.337	-.1272	.0472
		487	.64000*	.04000	.000	.5528	.7272
		361	.68000*	.04000	.000	.5928	.7672
		877	.36000*	.04000	.000	.2728	.4472
		297	.32000*	.04000	.000	.2328	.4072
		752	.04000	.04000	.337	-.0472	.1272
	85 : 15	487	.68000*	.04000	.000	.5928	.7672
		361	.72000*	.04000	.000	.6328	.8072
		877	-.32000*	.04000	.000	-.4072	-.2328
		297	-.36000*	.04000	.000	-.4472	-.2728
		752	-.64000*	.04000	.000	-.7272	-.5528
		639	-.68000*	.04000	.000	-.7672	-.5928
	80 : 20	361	.04000	.04000	.337	-.0472	.1272
		877	-.36000*	.04000	.000	-.4472	-.2728
		297	-.40000*	.04000	.000	-.4872	-.3128
		752	-.68000*	.04000	.000	-.7672	-.5928
		639	-.72000*	.04000	.000	-.8072	-.6328
		487	-.04000	.04000	.337	-.1272	.0472

Descriptives

Sensori tekstur food bar

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
100 : 0	3	2.0800	.08000	.04619	1.8813	2.2787	2.00	2.16
95 : 5	3	2.6400	.04000	.02309	2.5406	2.7394	2.60	2.68
90 : 10	3	2.7600	.04000	.02309	2.6606	2.8594	2.72	2.80
85 : 15	3	3.1867	.06110	.03528	3.0349	3.3384	3.12	3.24
80 : 20	3	3.1600	.04000	.02309	3.0606	3.2594	3.12	3.20
75 : 25	3	2.6000	.04000	.02309	2.5006	2.6994	2.56	2.64
Total	18	2.7378	.38787	.09142	2.5449	2.9307	2.00	3.24

ANOVA

Sensori tekstur food bar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.524	5	.505	183.226	.000
Within Groups	.033	12	.003		
Total	2.558	17			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Sensori tekstur food bar

	(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
LSD	100 : 0	297	-.56000 [*]	.04286	.000	-.6534	-.4666
		752	-.68000 [*]	.04286	.000	-.7734	-.5866
		639	-1.10667 [*]	.04286	.000	-1.2001	-1.0133
		487	-1.08000 [*]	.04286	.000	-1.1734	-.9866
		361	-.52000 [*]	.04286	.000	-.6134	-.4266
		877	.56000 [*]	.04286	.000	.4666	.6534
	95 : 5	752	-.12000 [*]	.04286	.016	-.2134	-.0266
		639	-.54667 [*]	.04286	.000	-.6401	-.4533
		487	-.52000 [*]	.04286	.000	-.6134	-.4266
		361	.04000	.04286	.369	-.0534	.1334
		877	.68000 [*]	.04286	.000	.5866	.7734
		297	.12000 [*]	.04286	.016	.0266	.2134
	90 : 10	639	-.42667 [*]	.04286	.000	-.5201	-.3333
		487	-.40000 [*]	.04286	.000	-.4934	-.3066
		361	.16000 [*]	.04286	.003	.0666	.2534
		877	1.10667 [*]	.04286	.000	1.0133	1.2001
		297	.54667 [*]	.04286	.000	.4533	.6401
		752	.42667 [*]	.04286	.000	.3333	.5201
	85 : 15	487	.02667	.04286	.545	-.0667	.1201
		361	.58667 [*]	.04286	.000	.4933	.6801
		877	1.08000 [*]	.04286	.000	.9866	1.1734
		297	.52000 [*]	.04286	.000	.4266	.6134
		752	.40000 [*]	.04286	.000	.3066	.4934
		639	-.02667	.04286	.545	-.1201	.0667
	80 : 20	361	.56000 [*]	.04286	.000	.4666	.6534
		877	.52000 [*]	.04286	.000	.4266	.6134
		297	-.04000	.04286	.369	-.1334	.0534
		752	-.16000 [*]	.04286	.003	-.2534	-.0666
		639	-.58667 [*]	.04286	.000	-.6801	-.4933
		487	-.56000 [*]	.04286	.000	-.6534	-.4666

Descriptives

Priode pakan minggu awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	13.0000	1.22474	.54772	11.4793	14.5207	11.00	14.00
HPS	5	11.6000	2.40832	1.07703	8.6097	14.5903	9.00	15.00
HPEA	5	11.8000	1.92354	.86023	9.4116	14.1884	9.00	14.00
HPEB 10	5	12.6000	1.14018	.50990	11.1843	14.0157	11.00	14.00
HPFB	5	13.8000	1.09545	.48990	12.4398	15.1602	12.00	15.00
HPV	5	12.6000	1.67332	.74833	10.5223	14.6777	10.00	14.00
Total	30	12.5667	1.67504	.30582	11.9412	13.1921	9.00	15.00

Keterangan:

Kelompok
Perlakuan

Keterangan

NPS	kelompok tikus normal, diet pakan standar
HPS	kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar (Kontrol negatif)
HPEA	kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet tepung EBP alami
HPEB10	kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet tepung EBP <i>blanching</i> 10 menit
HPFB	kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet FBE (Food bar terbaik/food bar yang diolah dengan rasio pati ganyong: tepung EBP 85:15)
HPV	kelompok tikus hiperkolesterolemia, diet pakan standar + simvastatin (kontrol Positif)

ANOVA

Priode pakan awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16.167	5	3.233	1.190	.343
Within Groups	65.200	24	2.717		
Total	81.367	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Priode pakan awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	1.40000	1.04243	.192	-.7515	3.5515
	HPEA	1.20000	1.04243	.261	-.9515	3.3515
	HPEB10	.40000	1.04243	.705	-1.7515	2.5515
	HPFB	-.80000	1.04243	.450	-2.9515	1.3515
	HPV	.40000	1.04243	.705	-1.7515	2.5515
HPS	NPS	-1.40000	1.04243	.192	-3.5515	.7515
	HPEA	-.20000	1.04243	.849	-2.3515	1.9515
	HPEB10	-1.00000	1.04243	.347	-3.1515	1.1515
	HPFB	-2.20000*	1.04243	.045	-4.3515	-.0485
	HPV	-1.00000	1.04243	.347	-3.1515	1.1515
HPEA	NPS	-1.20000	1.04243	.261	-3.3515	.9515
	HPS	.20000	1.04243	.849	-1.9515	2.3515
	HPEB10	-.80000	1.04243	.450	-2.9515	1.3515
	HPFB	-2.00000	1.04243	.067	-4.1515	.1515
	HPV	-.80000	1.04243	.450	-2.9515	1.3515
HPEB10	NPS	-.40000	1.04243	.705	-2.5515	1.7515
	HPS	1.00000	1.04243	.347	-1.1515	3.1515
	HPEA	.80000	1.04243	.450	-1.3515	2.9515
	HPFB	-1.20000	1.04243	.261	-3.3515	.9515
	HPV	.00000	1.04243	1.000	-2.1515	2.1515
HPFB	NPS	.80000	1.04243	.450	-1.3515	2.9515
	HPS	2.20000*	1.04243	.045	.0485	4.3515
	HPEA	2.00000	1.04243	.067	-.1515	4.1515
	HPEB10	1.20000	1.04243	.261	-.9515	3.3515
	HPV	1.20000	1.04243	.261	-.9515	3.3515
HPV	NPS	-.40000	1.04243	.705	-2.5515	1.7515
	HPS	1.00000	1.04243	.347	-1.1515	3.1515
	HPEA	.80000	1.04243	.450	-1.3515	2.9515
	HPEB10	.00000	1.04243	1.000	-2.1515	2.1515
	HPFB	-1.20000	1.04243	.261	-3.3515	.9515

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Priode pakan akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	13.2000	1.30384	.58310	11.5811	14.8189	11.00	14.00
HPS	5	12.6000	.89443	.40000	11.4894	13.7106	12.00	14.00
HPEA	5	13.6000	.54772	.24495	12.9199	14.2801	13.00	14.00
HPEB10	5	13.4000	.54772	.24495	12.7199	14.0801	13.00	14.00
HPFB	5	14.2000	.44721	.20000	13.6447	14.7553	14.00	15.00
HPV	5	13.6000	.54772	.24495	12.9199	14.2801	13.00	14.00
Total	30	13.4333	.85836	.15671	13.1128	13.7539	11.00	15.00

ANOVA

Priode pakan akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	6.967	5	1.393	2.322	.074
Within Groups	14.400	24	.600		
Total	21.367	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Priode pakan akhir

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	.60000	.48990	.233	-.4111	1.6111
	HPEA	-.40000	.48990	.422	-1.4111	.6111
	HPEB10	-.20000	.48990	.687	-1.2111	.8111
	HPFB	-1.00000	.48990	.052	-2.0111	.0111
	HPV	-.40000	.48990	.422	-1.4111	.6111
HPS	NPS	-.60000	.48990	.233	-1.6111	.4111
	HPEA	-1.00000	.48990	.052	-2.0111	.0111
	HPEB10	-.80000	.48990	.116	-1.8111	.2111
	HPFB	-1.60000*	.48990	.003	-2.6111	-.5889
	HPV	-1.00000	.48990	.052	-2.0111	.0111
HPEA	NPS	.40000	.48990	.422	-.6111	1.4111
	HPS	1.00000	.48990	.052	-.0111	2.0111
	HPEB10	.20000	.48990	.687	-.8111	1.2111
	HPFB	-.60000	.48990	.233	-1.6111	.4111
	HPV	.00000	.48990	1.000	-1.0111	1.0111
HPEB10	NPS	.20000	.48990	.687	-.8111	1.2111
	HPS	.80000	.48990	.116	-.2111	1.8111
	HPEA	-.20000	.48990	.687	-1.2111	.8111
	HPFB	-.80000	.48990	.116	-1.8111	.2111
	HPV	-.20000	.48990	.687	-1.2111	.8111
HPFB	NPS	1.00000	.48990	.052	-.0111	2.0111
	HPS	1.60000*	.48990	.003	.5889	2.6111
	HPEA	.60000	.48990	.233	-.4111	1.6111
	HPEB10	.80000	.48990	.116	-.2111	1.8111
	HPV	.60000	.48990	.233	-.4111	1.6111
HPV	NPS	.40000	.48990	.422	-.6111	1.4111
	HPS	1.00000	.48990	.052	-.0111	2.0111
	HPEA	.00000	.48990	1.000	-1.0111	1.0111
	HPEB10	.20000	.48990	.687	-.8111	1.2111
	HPFB	-.60000	.48990	.233	-1.6111	.4111

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ANOVA

Berat badan tikus priode awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	269.067	5	53.813	1.940	.125
Within Groups	665.600	24	27.733		
Total	934.667	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Berat badan tikus priode awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-9.00000 [*]	3.33067	.012	-15.8742	-2.1258
	HPEA	-8.00000 [*]	3.33067	.024	-14.8742	-1.1258
	HPEB10	-7.20000 [*]	3.33067	.041	-14.0742	-.3258
	HPFB	-8.00000 [*]	3.33067	.024	-14.8742	-1.1258
	HPV	-5.80000	3.33067	.094	-12.6742	1.0742
HPS	NPS	9.00000 [*]	3.33067	.012	2.1258	15.8742
	HPEA	1.00000	3.33067	.767	-5.8742	7.8742
	HPEB10	1.80000	3.33067	.594	-5.0742	8.6742
	HPFB	1.00000	3.33067	.767	-5.8742	7.8742
	HPV	3.20000	3.33067	.346	-3.6742	10.0742
HPEA	NPS	8.00000 [*]	3.33067	.024	1.1258	14.8742
	HPS	-1.00000	3.33067	.767	-7.8742	5.8742
	HPEB10	.80000	3.33067	.812	-6.0742	7.6742
	HPFB	.00000	3.33067	1.000	-6.8742	6.8742
	HPV	2.20000	3.33067	.515	-4.6742	9.0742
HPEB10	NPS	7.20000 [*]	3.33067	.041	.3258	14.0742
	HPS	-1.80000	3.33067	.594	-8.6742	5.0742
	HPEA	-.80000	3.33067	.812	-7.6742	6.0742
	HPFB	-.80000	3.33067	.812	-7.6742	6.0742
	HPV	1.40000	3.33067	.678	-5.4742	8.2742
HPFB	NPS	8.00000 [*]	3.33067	.024	1.1258	14.8742
	HPS	-1.00000	3.33067	.767	-7.8742	5.8742
	HPEA	.00000	3.33067	1.000	-6.8742	6.8742

HPV	HPEB10	.80000	3.33067	.812	-6.0742	7.6742
	HPV	2.20000	3.33067	.515	-4.6742	9.0742
	NPS	5.80000	3.33067	.094	-1.0742	12.6742
	HPS	-3.20000	3.33067	.346	-10.0742	3.6742
	HPEA	-2.20000	3.33067	.515	-9.0742	4.6742
	HPEB10	-1.40000	3.33067	.678	-8.2742	5.4742
	HPFB	-2.20000	3.33067	.515	-9.0742	4.6742

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Berat badan tikus priode akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	224.6000	6.10737	2.73130	217.0167	232.1833	217.00	234.00
HPS	5	248.8000	4.32435	1.93391	243.4306	254.1694	244.00	254.00
HPEA	5	240.8000	3.96232	1.77200	235.8801	245.7199	235.00	246.00
HPEB10	5	231.6000	6.26897	2.80357	223.8160	239.3840	223.00	240.00
HPFB	5	232.4000	6.84105	3.05941	223.9057	240.8943	221.00	239.00
HPV	5	228.8000	4.86826	2.17715	222.7553	234.8447	224.00	235.00
Total	30	234.5000	9.58357	1.74971	230.9214	238.0786	217.00	254.00

ANOVA

Berat badan tikus priode akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1937.500	5	387.500	12.810	.000
Within Groups	726.000	24	30.250		
Total	2663.500	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Berat badan tikus priode akhir

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-24.20000*	3.47851	.000	-31.3793	-17.0207
	HPEA	-16.20000*	3.47851	.000	-23.3793	-9.0207
	HPEB10	-7.00000	3.47851	.056	-14.1793	.1793
	HPFB	-7.80000*	3.47851	.034	-14.9793	-.6207
	HPV	-4.20000	3.47851	.239	-11.3793	2.9793
HPS	NPS	24.20000*	3.47851	.000	17.0207	31.3793
	HPEA	8.00000*	3.47851	.030	.8207	15.1793
	HPEB10	17.20000*	3.47851	.000	10.0207	24.3793
	HPFB	16.40000*	3.47851	.000	9.2207	23.5793
	HPV	20.00000*	3.47851	.000	12.8207	27.1793
HPEA	NPS	16.20000*	3.47851	.000	9.0207	23.3793
	HPS	-8.00000*	3.47851	.030	-15.1793	-.8207
	HPEB10	9.20000*	3.47851	.014	2.0207	16.3793
	HPFB	8.40000*	3.47851	.024	1.2207	15.5793
	HPV	12.00000*	3.47851	.002	4.8207	19.1793
HPEB10	NPS	7.00000	3.47851	.056	-.1793	14.1793
	HPS	-17.20000*	3.47851	.000	-24.3793	-10.0207
	HPEA	-9.20000*	3.47851	.014	-16.3793	-2.0207
	HPFB	-.80000	3.47851	.820	-7.9793	6.3793
	HPV	2.80000	3.47851	.429	-4.3793	9.9793
HPFB	NPS	7.80000*	3.47851	.034	.6207	14.9793
	HPS	-16.40000*	3.47851	.000	-23.5793	-9.2207
	HPEA	-8.40000*	3.47851	.024	-15.5793	-1.2207
	HPEB10	.80000	3.47851	.820	-6.3793	7.9793
	HPV	3.60000	3.47851	.311	-3.5793	10.7793
HPV	NPS	4.20000	3.47851	.239	-2.9793	11.3793
	HPS	-20.00000*	3.47851	.000	-27.1793	-12.8207
	HPEA	-12.00000*	3.47851	.002	-19.1793	-4.8207
	HPEB10	-2.80000	3.47851	.429	-9.9793	4.3793
	HPFB	-3.60000	3.47851	.311	-10.7793	3.5793

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Total kolesterol_awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	91.7820	1.87504	.83854	89.4538	94.1102	89.73	94.52
HPS	5	212.6040	3.92308	1.75446	207.7328	217.4752	208.22	217.81
HPEA	5	211.2320	1.85299	.82868	208.9312	213.5328	208.90	213.70
HPEB10	5	210.5460	2.08864	.93407	207.9526	213.1394	207.53	213.01
HPFB	5	212.0540	3.44529	1.54078	207.7761	216.3319	206.85	215.07
HPV	5	210.6820	3.61038	1.61461	206.1991	215.1649	206.85	214.38
Total	30	191.4833	45.43442	8.29515	174.5178	208.4488	89.73	217.81

ANOVA

Total kolesterol_awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	59657.873	5	11931.575	1387.197	.000
Within Groups	206.429	24	8.601		
Total	59864.302	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Total kolesterol_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-120.82200*	1.85485	.000	-124.6502	-116.9938
	HPEA	-119.45000*	1.85485	.000	-123.2782	-115.6218
	HPEB10	-118.76400*	1.85485	.000	-122.5922	-114.9358
	HPFB	-120.27200*	1.85485	.000	-124.1002	-116.4438
	HPV	-118.90000*	1.85485	.000	-122.7282	-115.0718
HPS	NPS	120.82200*	1.85485	.000	116.9938	124.6502
	HPEA	1.37200	1.85485	.467	-2.4562	5.2002
	HPEB10	2.05800	1.85485	.278	-1.7702	5.8862
	HPFB	.55000	1.85485	.769	-3.2782	4.3782
	HPV	1.92200	1.85485	.310	-1.9062	5.7502
HPEA	NPS	119.45000*	1.85485	.000	115.6218	123.2782
	HPS	-1.37200	1.85485	.467	-5.2002	2.4562
	HPEB10	.68600	1.85485	.715	-3.1422	4.5142
	HPFB	-.82200	1.85485	.662	-4.6502	3.0062
	HPV	.55000	1.85485	.769	-3.2782	4.3782
HPEB10	NPS	118.76400*	1.85485	.000	114.9358	122.5922
	HPS	-2.05800	1.85485	.278	-5.8862	1.7702
	HPEA	-.68600	1.85485	.715	-4.5142	3.1422
	HPFB	-1.50800	1.85485	.424	-5.3362	2.3202
	HPV	-.13600	1.85485	.942	-3.9642	3.6922
HPFB	NPS	120.27200*	1.85485	.000	116.4438	124.1002
	HPS	-.55000	1.85485	.769	-4.3782	3.2782
	HPEA	.82200	1.85485	.662	-3.0062	4.6502
	HPEB10	1.50800	1.85485	.424	-2.3202	5.3362
	HPV	1.37200	1.85485	.467	-2.4562	5.2002
HPV	NPS	118.90000*	1.85485	.000	115.0718	122.7282
	HPS	-1.92200	1.85485	.310	-5.7502	1.9062
	HPEA	-.55000	1.85485	.769	-4.3782	3.2782
	HPEB10	.13600	1.85485	.942	-3.6922	3.9642
	HPFB	-1.37200	1.85485	.467	-5.2002	2.4562

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Total kolesterol_akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	97.1200	1.13842	.50912	95.7065	98.5335	95.68	98.56
HPS	5	223.1640	2.85287	1.27584	219.6217	226.7063	219.42	226.62
HPEA	5	131.9420	2.99003	1.33718	128.2294	135.6546	128.06	135.97
HPEB10	5	103.0220	3.27317	1.46380	98.9578	107.0862	99.28	106.47
HPFB	5	110.0700	3.13841	1.40354	106.1732	113.9668	107.19	115.11
HPV	5	103.7400	3.34884	1.49765	99.5819	107.8981	100.00	107.91
Total	30	128.1763	44.71976	8.16467	111.4777	144.8750	95.68	226.62

ANOVA

Total kolesterol_akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	57795.235	5	11559.047	1382.851	.000
Within Groups	200.612	24	8.359		
Total	57995.848	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Total kolesterol_akhir

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-126.04400*	1.82854	.000	-129.8179	-122.2701
	HPEA	-34.82200*	1.82854	.000	-38.5959	-31.0481
	HPEB10	-5.90200*	1.82854	.004	-9.6759	-2.1281
	HPFB	-12.95000*	1.82854	.000	-16.7239	-9.1761
	HPV	-6.62000*	1.82854	.001	-10.3939	-2.8461
HPS	NPS	126.04400*	1.82854	.000	122.2701	129.8179
	HPEA	91.22200*	1.82854	.000	87.4481	94.9959
	HPEB10	120.14200*	1.82854	.000	116.3681	123.9159
	HPFB	113.09400*	1.82854	.000	109.3201	116.8679
	HPV	119.42400*	1.82854	.000	115.6501	123.1979
HPEA	NPS	34.82200*	1.82854	.000	31.0481	38.5959
	HPS	-91.22200*	1.82854	.000	-94.9959	-87.4481
	HPEB10	28.92000*	1.82854	.000	25.1461	32.6939
	HPFB	21.87200*	1.82854	.000	18.0981	25.6459
	HPV	28.20200*	1.82854	.000	24.4281	31.9759
HPEB10	NPS	5.90200*	1.82854	.004	2.1281	9.6759
	HPS	-120.14200*	1.82854	.000	-123.9159	-116.3681
	HPEA	-28.92000*	1.82854	.000	-32.6939	-25.1461
	HPFB	-7.04800*	1.82854	.001	-10.8219	-3.2741
	HPV	-7.1800	1.82854	.698	-4.4919	3.0559
HPFB	NPS	12.95000*	1.82854	.000	9.1761	16.7239
	HPS	-113.09400*	1.82854	.000	-116.8679	-109.3201
	HPEA	-21.87200*	1.82854	.000	-25.6459	-18.0981
	HPEB10	7.04800*	1.82854	.001	3.2741	10.8219
	HPV	6.33000*	1.82854	.002	2.5561	10.1039
HPV	NPS	6.62000*	1.82854	.001	2.8461	10.3939
	HPS	-119.42400*	1.82854	.000	-123.1979	-115.6501
	HPEA	-28.20200*	1.82854	.000	-31.9759	-24.4281
	HPEB10	.71800	1.82854	.698	-3.0559	4.4919
	HPFB	-6.33000*	1.82854	.002	-10.1039	-2.5561

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

LDL kolesterol_awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	24.7760	1.91954	.85844	22.3926	27.1594	22.84	27.68
HPS	5	89.5120	1.13089	.50575	88.1078	90.9162	87.69	90.66
HPEA	5	89.8260	2.26806	1.01431	87.0098	92.6422	87.88	93.43
HPEB10	5	89.4120	1.91972	.85852	87.0284	91.7956	87.20	91.35
HPFB	5	90.7960	1.65071	.73822	88.7464	92.8456	88.58	92.73
HPV	5	90.6560	1.62352	.72606	88.6401	92.6719	88.58	92.04
Total	30	79.1630	24.79755	4.52739	69.9034	88.4226	22.84	93.43

ANOVA

LDL kolesterol_awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17756.024	5	3551.205	1112.439	.000
Within Groups	76.614	24	3.192		
Total	17832.639	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LDL kolesterol_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-64.73600*	1.13000	.000	-67.0682	-62.4038
	HPEA	-65.05000*	1.13000	.000	-67.3822	-62.7178
	HPEB10	-64.63600*	1.13000	.000	-66.9682	-62.3038
	HPFB	-66.02000*	1.13000	.000	-68.3522	-63.6878
	HPV	-65.88000*	1.13000	.000	-68.2122	-63.5478
HPS	NPS	64.73600*	1.13000	.000	62.4038	67.0682
	HPEA	-.31400	1.13000	.783	-2.6462	2.0182
	HPEB10	.10000	1.13000	.930	-2.2322	2.4322
	HPFB	-1.28400	1.13000	.267	-3.6162	1.0482
	HPV	-1.14400	1.13000	.321	-3.4762	1.1882
HPEA	NPS	65.05000*	1.13000	.000	62.7178	67.3822
	HPS	.31400	1.13000	.783	-2.0182	2.6462
	HPEB10	.41400	1.13000	.717	-1.9182	2.7462
	HPFB	-.97000	1.13000	.399	-3.3022	1.3622
	HPV	-.83000	1.13000	.470	-3.1622	1.5022
HPEB10	NPS	64.63600*	1.13000	.000	62.3038	66.9682
	HPS	-.10000	1.13000	.930	-2.4322	2.2322
	HPEA	-.41400	1.13000	.717	-2.7462	1.9182
	HPFB	-1.38400	1.13000	.233	-3.7162	.9482
	HPV	-1.24400	1.13000	.282	-3.5762	1.0882
HPFB	NPS	66.02000*	1.13000	.000	63.6878	68.3522
	HPS	1.28400	1.13000	.267	-1.0482	3.6162
	HPEA	.97000	1.13000	.399	-1.3622	3.3022
	HPEB10	1.38400	1.13000	.233	-.9482	3.7162
	HPV	.14000	1.13000	.902	-2.1922	2.4722
HPV	NPS	65.88000*	1.13000	.000	63.5478	68.2122
	HPS	1.14400	1.13000	.321	-1.1882	3.4762
	HPEA	.83000	1.13000	.470	-1.5022	3.1622
	HPEB10	1.24400	1.13000	.282	-1.0882	3.5762
	HPFB	-.14000	1.13000	.902	-2.4722	2.1922

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

LDL kolesterol_akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	30.8040	1.82893	.81792	28.5331	33.0749	28.35	32.95
HPS	5	96.3980	1.83018	.81848	94.1255	98.6705	94.25	98.85
HPEA	5	51.3400	1.21116	.54165	49.8362	52.8438	49.81	52.87
HPEB 10	5	38.0080	2.45812	1.09931	34.9558	41.0602	35.25	41.38
HPFB	5	42.1460	3.06688	1.37155	38.3380	45.9540	38.31	45.98
HPV	5	35.5560	1.76225	.78810	33.3679	37.7441	33.72	38.31
Total	30	49.0420	22.56425	4.11965	40.6164	57.4676	28.35	98.85

ANOVA

LDL kolesterol_akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14658.362	5	2931.672	658.431	.000
Within Groups	106.860	24	4.453		
Total	14765.222	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: LDL kolesterol_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-65.59400*	1.33454	.000	-68.3484	-62.8396
	HPEA	-20.53600*	1.33454	.000	-23.2904	-17.7816
	HPEB10	-7.20400*	1.33454	.000	-9.9584	-4.4496
	HPFB	-11.34200*	1.33454	.000	-14.0964	-8.5876
	HPV	-4.75200*	1.33454	.002	-7.5064	-1.9976
HPS	NPS	65.59400*	1.33454	.000	62.8396	68.3484
	HPEA	45.05800*	1.33454	.000	42.3036	47.8124
	HPEB10	58.39000*	1.33454	.000	55.6356	61.1444
	HPFB	54.25200*	1.33454	.000	51.4976	57.0064
	HPV	60.84200*	1.33454	.000	58.0876	63.5964
HPEA	NPS	20.53600*	1.33454	.000	17.7816	23.2904
	HPS	-45.05800*	1.33454	.000	-47.8124	-42.3036
	HPEB10	13.33200*	1.33454	.000	10.5776	16.0864
	HPFB	9.19400*	1.33454	.000	6.4396	11.9484
	HPV	15.78400*	1.33454	.000	13.0296	18.5384
HPEB10	NPS	7.20400*	1.33454	.000	4.4496	9.9584
	HPS	-58.39000*	1.33454	.000	-61.1444	-55.6356
	HPEA	-13.33200*	1.33454	.000	-16.0864	-10.5776
	HPFB	-4.13800*	1.33454	.005	-6.8924	-1.3836
	HPV	2.45200	1.33454	.079	-.3024	5.2064
HPFB	NPS	11.34200*	1.33454	.000	8.5876	14.0964
	HPS	-54.25200*	1.33454	.000	-57.0064	-51.4976
	HPEA	-9.19400*	1.33454	.000	-11.9484	-6.4396
	HPEB10	4.13800*	1.33454	.005	1.3836	6.8924
	HPV	6.59000*	1.33454	.000	3.8356	9.3444
HPV	NPS	4.75200*	1.33454	.002	1.9976	7.5064
	HPS	-60.84200*	1.33454	.000	-63.5964	-58.0876
	HPEA	-15.78400*	1.33454	.000	-18.5384	-13.0296
	HPEB10	-2.45200	1.33454	.079	-5.2064	.3024
	HPFB	-6.59000*	1.33454	.000	-9.3444	-3.8356

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Trigliserida_awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	80.1420	1.91036	.85434	77.7700	82.5140	77.74	82.69
HPS	5	143.3200	2.97411	1.33006	139.6272	147.0128	139.22	146.29
HPEA	5	142.7560	3.42380	1.53117	138.5048	147.0072	138.52	147.70
HPEB10	5	140.7780	2.46876	1.10406	137.7126	143.8434	137.81	144.17
HPFB	5	140.9200	3.48210	1.55724	136.5964	145.2436	136.40	144.88
HPV	5	142.6140	1.96170	.87730	140.1782	145.0498	139.22	144.17
Total	30	131.7550	23.63162	4.31452	122.9308	140.5792	77.74	147.70

ANOVA

Trigliserida_awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16010.013	5	3202.003	415.078	.000
Within Groups	185.141	24	7.714		
Total	16195.154	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Triglicerida_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-63.17800*	1.75661	.000	-66.8035	-59.5525
	HPEA	-62.61400*	1.75661	.000	-66.2395	-58.9885
	HPEB10	-60.63600*	1.75661	.000	-64.2615	-57.0105
	HPFB	-60.77800*	1.75661	.000	-64.4035	-57.1525
	HPV	-62.47200*	1.75661	.000	-66.0975	-58.8465
HPS	NPS	63.17800*	1.75661	.000	59.5525	66.8035
	HPEA	.56400	1.75661	.751	-3.0615	4.1895
	HPEB10	2.54200	1.75661	.161	-1.0835	6.1675
	HPFB	2.40000	1.75661	.185	-1.2255	6.0255
	HPV	.70600	1.75661	.691	-2.9195	4.3315
HPEA	NPS	62.61400*	1.75661	.000	58.9885	66.2395
	HPS	-.56400	1.75661	.751	-4.1895	3.0615
	HPEB10	1.97800	1.75661	.271	-1.6475	5.6035
	HPFB	1.83600	1.75661	.306	-1.7895	5.4615
	HPV	.14200	1.75661	.936	-3.4835	3.7675
HPEB10	NPS	60.63600*	1.75661	.000	57.0105	64.2615
	HPS	-2.54200	1.75661	.161	-6.1675	1.0835
	HPEA	-1.97800	1.75661	.271	-5.6035	1.6475
	HPFB	-.14200	1.75661	.936	-3.7675	3.4835
	HPV	-1.83600	1.75661	.306	-5.4615	1.7895
HPFB	NPS	60.77800*	1.75661	.000	57.1525	64.4035
	HPS	-2.40000	1.75661	.185	-6.0255	1.2255
	HPEA	-1.83600	1.75661	.306	-5.4615	1.7895
	HPEB10	.14200	1.75661	.936	-3.4835	3.7675
	HPV	-1.69400	1.75661	.344	-5.3195	1.9315
HPV	NPS	62.47200*	1.75661	.000	58.8465	66.0975
	HPS	-.70600	1.75661	.691	-4.3315	2.9195
	HPEA	-.14200	1.75661	.936	-3.7675	3.4835
	HPEB10	1.83600	1.75661	.306	-1.7895	5.4615
	HPFB	1.69400	1.75661	.344	-1.9315	5.3195

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Trigliserida_akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	87.1380	1.54897	.69272	85.2147	89.0613	85.52	89.56
HPS	5	149.9000	2.91981	1.30578	146.2746	153.5254	146.13	154.21
HPEA	5	107.6080	2.66750	1.19294	104.2959	110.9201	104.38	111.11
HPEB 10	5	90.7740	2.20447	.98587	88.0368	93.5112	87.54	92.93
HPFB	5	95.2200	2.87878	1.28743	91.6455	98.7945	92.26	99.66
HPV	5	91.5820	3.53258	1.57982	87.1957	95.9683	85.52	94.28
Total	30	103.7037	22.14678	4.04343	95.4339	111.9734	85.52	154.21

ANOVA

Trigliserida_akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	14049.250	5	2809.850	386.089	.000
Within Groups	174.666	24	7.278		
Total	14223.916	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Trigliserida_akhir

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-62.76200*	1.70619	.000	-66.2834	-59.2406
	HPEA	-20.47000*	1.70619	.000	-23.9914	-16.9486
	HPEB10	-3.63600*	1.70619	.044	-7.1574	-.1146
	HPFB	-8.08200*	1.70619	.000	-11.6034	-4.5606
	HPV	-4.44400*	1.70619	.016	-7.9654	-.9226
HPS	NPS	62.76200*	1.70619	.000	59.2406	66.2834
	HPEA	42.29200*	1.70619	.000	38.7706	45.8134
	HPEB10	59.12600*	1.70619	.000	55.6046	62.6474
	HPFB	54.68000*	1.70619	.000	51.1586	58.2014
	HPV	58.31800*	1.70619	.000	54.7966	61.8394
HPEA	NPS	20.47000*	1.70619	.000	16.9486	23.9914
	HPS	-42.29200*	1.70619	.000	-45.8134	-38.7706
	HPEB10	16.83400*	1.70619	.000	13.3126	20.3554
	HPFB	12.38800*	1.70619	.000	8.8666	15.9094
	HPV	16.02600*	1.70619	.000	12.5046	19.5474
HPEB10	NPS	3.63600*	1.70619	.044	.1146	7.1574
	HPS	-59.12600*	1.70619	.000	-62.6474	-55.6046
	HPEA	-16.83400*	1.70619	.000	-20.3554	-13.3126
	HPFB	-4.44600*	1.70619	.015	-7.9674	-.9246
	HPV	-.80800	1.70619	.640	-4.3294	2.7134
HPFB	NPS	8.08200*	1.70619	.000	4.5606	11.6034
	HPS	-54.68000*	1.70619	.000	-58.2014	-51.1586
	HPEA	-12.38800*	1.70619	.000	-15.9094	-8.8666
	HPEB10	4.44600*	1.70619	.015	.9246	7.9674
	HPV	3.63800*	1.70619	.043	.1166	7.1594
HPV	NPS	4.44400*	1.70619	.016	.9226	7.9654
	HPS	-58.31800*	1.70619	.000	-61.8394	-54.7966
	HPEA	-16.02600*	1.70619	.000	-19.5474	-12.5046
	HPEB10	.80800	1.70619	.640	-2.7134	4.3294
	HPFB	-3.63800*	1.70619	.043	-7.1594	-.1166

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

HDL kolesterol_awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	79.9980	2.07372	.92740	77.4231	82.5729	77.55	82.99
HDS	5	26.1220	1.23528	.55243	24.5882	27.6558	24.49	27.21
HPEA	5	25.5780	1.03127	.46120	24.2975	26.8585	24.49	27.21
HPEB1 0	5	23.9460	1.94722	.87082	21.5282	26.3638	21.77	26.53
HPFB	5	24.3540	1.30801	.58496	22.7299	25.9781	22.45	25.85
HPV	5	24.4900	1.17779	.52673	23.0276	25.9524	23.81	26.53
Total	30	34.0813	20.94476	3.82397	26.2604	41.9022	21.77	82.99

ANOVA

HDL kolesterol_awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	12666.688	5	2533.338	1103.088	.000
Within Groups	55.118	24	2.297		
Total	12721.806	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HDL kolesterol_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HDS	53.87600 [*]	.95845	.000	51.8978	55.8542
	HPEA	54.42000 [*]	.95845	.000	52.4418	56.3982
	HPEB10	56.05200 [*]	.95845	.000	54.0738	58.0302
	HPFB	55.64400 [*]	.95845	.000	53.6658	57.6222
	HPV	55.50800 [*]	.95845	.000	53.5298	57.4862
HDS	NPS	-53.87600 [*]	.95845	.000	-55.8542	-51.8978
	HPEA	.54400	.95845	.576	-1.4342	2.5222
	HPEB10	2.17600 [*]	.95845	.032	.1978	4.1542
	HPFB	1.76800	.95845	.077	-.2102	3.7462
	HPV	1.63200	.95845	.102	-.3462	3.6102
HPEA	NPS	-54.42000 [*]	.95845	.000	-56.3982	-52.4418
	HDS	-.54400	.95845	.576	-2.5222	1.4342
	HPEB10	1.63200	.95845	.102	-.3462	3.6102
	HPFB	1.22400	.95845	.214	-.7542	3.2022
	HPV	1.08800	.95845	.268	-.8902	3.0662
HPEB10	NPS	-56.05200 [*]	.95845	.000	-58.0302	-54.0738
	HDS	-2.17600 [*]	.95845	.032	-4.1542	-.1978
	HPEA	-1.63200	.95845	.102	-3.6102	.3462
	HPFB	-.40800	.95845	.674	-2.3862	1.5702
	HPV	-.54400	.95845	.576	-2.5222	1.4342
HPFB	NPS	-55.64400 [*]	.95845	.000	-57.6222	-53.6658
	HDS	-1.76800	.95845	.077	-3.7462	.2102
	HPEA	-1.22400	.95845	.214	-3.2022	.7542
	HPEB10	.40800	.95845	.674	-1.5702	2.3862
	HPV	-.13600	.95845	.888	-2.1142	1.8422
HPV	NPS	-55.50800 [*]	.95845	.000	-57.4862	-53.5298
	HDS	-1.63200	.95845	.102	-3.6102	.3462
	HPEA	-1.08800	.95845	.268	-3.0662	.8902
	HPEB10	.54400	.95845	.576	-1.4342	2.5222
	HPFB	.13600	.95845	.888	-1.8422	2.1142

Descriptives

HDL kolesterol_akhir

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	75.8580	2.27883	1.01912	73.0285	78.6875	72.86	78.57
HPS	5	21.7140	2.45276	1.09691	18.6685	24.7595	19.29	25.00
HPEA	5	51.1440	1.48025	.66199	49.3060	52.9820	49.29	52.86
HPEB10	5	70.4300	1.72112	.76971	68.2929	72.5671	68.57	72.86
HPFB	5	66.0000	1.64302	.73478	63.9599	68.0401	64.29	68.57
HPV	5	69.5700	3.01612	1.34885	65.8250	73.3150	65.71	72.86
Total	30	59.1193	18.80007	3.43241	52.0993	66.1394	19.29	78.57

ANOVA

HDL kolesterol_akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10137.195	5	2027.439	431.999	.000
Within Groups	112.636	24	4.693		
Total	10249.831	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: HDL kolesterol_awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	54.14400*	1.37013	.000	51.3162	56.9718
	HPEA	24.71400*	1.37013	.000	21.8862	27.5418
	HPEB10	5.42800*	1.37013	.001	2.6002	8.2558
	HPFB	9.85800*	1.37013	.000	7.0302	12.6858
	HPV	6.28800*	1.37013	.000	3.4602	9.1158
HPS	NPS	-54.14400*	1.37013	.000	-56.9718	-51.3162
	HPEA	-29.43000*	1.37013	.000	-32.2578	-26.6022
	HPEB10	-48.71600*	1.37013	.000	-51.5438	-45.8882
	HPFB	-44.28600*	1.37013	.000	-47.1138	-41.4582
	HPV	-47.85600*	1.37013	.000	-50.6838	-45.0282
HPEA	NPS	-24.71400*	1.37013	.000	-27.5418	-21.8862
	HPS	29.43000*	1.37013	.000	26.6022	32.2578
	HPEB10	-19.28600*	1.37013	.000	-22.1138	-16.4582
	HPFB	-14.85600*	1.37013	.000	-17.6838	-12.0282
	HPV	-18.42600*	1.37013	.000	-21.2538	-15.5982
HPEB10	NPS	-5.42800*	1.37013	.001	-8.2558	-2.6002
	HPS	48.71600*	1.37013	.000	45.8882	51.5438
	HPEA	19.28600*	1.37013	.000	16.4582	22.1138
	HPFB	4.43000*	1.37013	.004	1.6022	7.2578
	HPV	.86000	1.37013	.536	-1.9678	3.6878
HPFB	NPS	-9.85800*	1.37013	.000	-12.6858	-7.0302
	HPS	44.28600*	1.37013	.000	41.4582	47.1138
	HPEA	14.85600*	1.37013	.000	12.0282	17.6838
	HPEB10	-4.43000*	1.37013	.004	-7.2578	-1.6022
	HPV	-3.57000*	1.37013	.016	-6.3978	-.7422
HPV	NPS	-6.28800*	1.37013	.000	-9.1158	-3.4602
	HPS	47.85600*	1.37013	.000	45.0282	50.6838
	HPEA	18.42600*	1.37013	.000	15.5982	21.2538
	HPEB10	-.86000	1.37013	.536	-3.6878	1.9678
	HPFB	3.57000*	1.37013	.016	.7422	6.3978

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Atherogenik awal

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	.0000	.00707	.00316	-.0088	.0088	-.01	.01
HPS	5	.7400	.02000	.00894	.7152	.7648	.72	.77
HPEA	5	.7460	.01949	.00872	.7218	.7702	.72	.77
HPEB10	5	.7700	.03536	.01581	.7261	.8139	.72	.81
HPFB	5	.7640	.02881	.01288	.7282	.7998	.73	.81
HPV	5	.7660	.02608	.01166	.7336	.7984	.72	.78
Total	30	.6310	.28809	.05260	.5234	.7386	-.01	.81

ANOVA

Atherogenik awal

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.393	5	.479	799.725	.000
Within Groups	.014	24	.001		
Total	2.407	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable Atherogenik awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-.74000*	.01547	.000	-.7719	-.7081
	HPEA	-.74600*	.01547	.000	-.7779	-.7141
	HPEB10	-.77000*	.01547	.000	-.8019	-.7381
	HPFB	-.76400*	.01547	.000	-.7959	-.7321
	HPV	-.76600*	.01547	.000	-.7979	-.7341
HPS	NPS	.74000*	.01547	.000	.7081	.7719
	HPEA	-.00600	.01547	.702	-.0379	.0259
	HPEB10	-.03000	.01547	.064	-.0619	.0019
	HPFB	-.02400	.01547	.134	-.0559	.0079
	HPV	-.02600	.01547	.106	-.0579	.0059
HPEA	NPS	.74600*	.01547	.000	.7141	.7779
	HPS	.00600	.01547	.702	-.0259	.0379
	HPEB10	-.02400	.01547	.134	-.0559	.0079
	HPFB	-.01800	.01547	.256	-.0499	.0139
	HPV	-.02000	.01547	.208	-.0519	.0119
HPEB10	NPS	.77000*	.01547	.000	.7381	.8019
	HPS	.03000	.01547	.064	-.0019	.0619
	HPEA	.02400	.01547	.134	-.0079	.0559
	HPFB	.00600	.01547	.702	-.0259	.0379
	HPV	.00400	.01547	.798	-.0279	.0359
HPFB	NPS	.76400*	.01547	.000	.7321	.7959
	HPS	.02400	.01547	.134	-.0079	.0559
	HPEA	.01800	.01547	.256	-.0139	.0499
	HPEB10	-.00600	.01547	.702	-.0379	.0259
	HPV	-.00200	.01547	.898	-.0339	.0299
HPV	NPS	.76600*	.01547	.000	.7341	.7979
	HPS	.02600	.01547	.106	-.0059	.0579
	HPEA	.02000	.01547	.208	-.0119	.0519
	HPEB10	-.00400	.01547	.798	-.0359	.0279
	HPFB	.00200	.01547	.898	-.0299	.0339

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Atherogenik akhir

LSD

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	.0580	.01304	.00583	.0418	.0742	.04	.07
HPS	5	.8420	.05070	.02267	.7791	.9049	.78	.89
HPEA	5	.3220	.02168	.00970	.2951	.3489	.30	.35
HPEB1 0	5	.1120	.00837	.00374	.1016	.1224	.10	.12
HPFB	5	.1580	.01924	.00860	.1341	.1819	.14	.19
HPV	5	.1200	.03000	.01342	.0828	.1572	.08	.15
Total	30	.2687	.27495	.05020	.1660	.3713	.04	.89

ANOVA

Atherogenik akhir

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.174	5	.435	573.401	.000
Within Groups	.018	24	.001		
Total	2.192	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Atherogenik awal

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-.78400*	.01742	.000	-.8199	-.7481
	HPEA	-.26400*	.01742	.000	-.2999	-.2281
	HPEB10	-.05400*	.01742	.005	-.0899	-.0181
	HPFB	-.10000*	.01742	.000	-.1359	-.0641
	HPV	-.06200*	.01742	.002	-.0979	-.0261
HPS	NPS	.78400*	.01742	.000	.7481	.8199
	HPEA	.52000*	.01742	.000	.4841	.5559
	HPEB10	.73000*	.01742	.000	.6941	.7659
	HPFB	.68400*	.01742	.000	.6481	.7199
	HPV	.72200*	.01742	.000	.6861	.7579
HPEA	NPS	.26400*	.01742	.000	.2281	.2999
	HPS	-.52000*	.01742	.000	-.5559	-.4841
	HPEB10	.21000*	.01742	.000	.1741	.2459
	HPFB	.16400*	.01742	.000	.1281	.1999
	HPV	.20200*	.01742	.000	.1661	.2379
HPEB10	NPS	.05400*	.01742	.005	.0181	.0899
	HPS	-.73000*	.01742	.000	-.7659	-.6941
	HPEA	-.21000*	.01742	.000	-.2459	-.1741
	HPFB	-.04600*	.01742	.014	-.0819	-.0101
	HPV	-.00800	.01742	.650	-.0439	.0279
HPFB	NPS	.10000*	.01742	.000	.0641	.1359
	HPS	-.68400*	.01742	.000	-.7199	-.6481
	HPEA	-.16400*	.01742	.000	-.1999	-.1281
	HPEB10	.04600*	.01742	.014	.0101	.0819
	HPV	.03800*	.01742	.039	.0021	.0739
HPV	NPS	.06200*	.01742	.002	.0261	.0979
	HPS	-.72200*	.01742	.000	-.7579	-.6861
	HPEA	-.20200*	.01742	.000	-.2379	-.1661
	HPEB10	.00800	.01742	.650	-.0279	.0439
	HPFB	-.03800*	.01742	.039	-.0739	-.0021

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Daya ikat terhadap asam kolat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	6	6.9367	2.37892	.97119	4.4401	9.4332	4.05	9.83
HPEA	6	19.3233	5.39791	2.20369	13.6586	24.9881	11.64	27.00
HPEB10	6	38.7267	7.33500	2.99450	31.0291	46.4243	28.32	49.13
HPFB	6	28.2383	3.09718	1.26442	24.9880	31.4886	23.86	32.45
KLN	6	80.6783	.37627	.15361	80.2835	81.0732	80.18	81.17
Total	30	34.7807	25.97531	4.74242	25.0813	44.4800	4.05	81.17

ANOVA

Daya ikat terhadap asam kolat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19075.118	4	4768.780	242.481	.000
Within Groups	491.666	25	19.667		
Total	19566.784	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Daya ikat terhadap asam kolat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPEA	-12.38667 [*]	2.56038	.000	-17.6599	-7.1135
	HPEB10	-31.79000 [*]	2.56038	.000	-37.0632	-26.5168
	HPFB	-21.30167 [*]	2.56038	.000	-26.5749	-16.0285
	HPV	-73.74167 [*]	2.56038	.000	-79.0149	-68.4685
HPEA	NPS	12.38667 [*]	2.56038	.000	7.1135	17.6599
	HPEB10	-19.40333 [*]	2.56038	.000	-24.6765	-14.1301
	HPFB	-8.91500 [*]	2.56038	.002	-14.1882	-3.6418
	HPV	-61.35500 [*]	2.56038	.000	-66.6282	-56.0818
HPEB10	NPS	31.79000 [*]	2.56038	.000	26.5168	37.0632
	HPEA	19.40333 [*]	2.56038	.000	14.1301	24.6765
	HPFB	10.48833 [*]	2.56038	.000	5.2151	15.7615
	HPV	-41.95167 [*]	2.56038	.000	-47.2249	-36.6785
HPFB	NPS	21.30167 [*]	2.56038	.000	16.0285	26.5749
	HPEA	8.91500 [*]	2.56038	.002	3.6418	14.1882
	HPEB10	-10.48833 [*]	2.56038	.000	-15.7615	-5.2151
	HPV	-52.44000 [*]	2.56038	.000	-57.7132	-47.1668
KLN	NPS	73.74167 [*]	2.56038	.000	68.4685	79.0149
	HPEA	61.35500 [*]	2.56038	.000	56.0818	66.6282
	HPEB10	41.95167 [*]	2.56038	.000	36.6785	47.2249
	HPFB	52.44000 [*]	2.56038	.000	47.1668	57.7132

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Daya ikat asam kolat terhadap kolestiramin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	6	8.5983	2.94824	1.20362	5.5043	11.6923	5.02	12.18
HPEA	6	23.9500	6.69264	2.73226	16.9265	30.9735	14.43	33.47
HPEB10	6	48.0050	9.09026	3.71108	38.4654	57.5446	35.11	60.90
HPFB	6	35.0050	3.83698	1.56644	30.9783	39.0317	29.58	40.22
HPV	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	30	43.1117	32.19547	5.87806	31.0897	55.1337	5.02	100.00

ANOVA

Daya ikat asam kolat terhadap kolestiramin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29305.709	4	7326.427	242.856	.000
Within Groups	754.194	25	30.168		
Total	30059.903	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Daya ikat asam kolat terhadap kolestiramin

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPEA	-15.35167*	3.17111	.000	-21.8827	-8.8206
	HPEB10	-39.40667*	3.17111	.000	-45.9377	-32.8756
	HPFB	-26.40667*	3.17111	.000	-32.9377	-19.8756
	HPV	-91.40167*	3.17111	.000	-97.9327	-84.8706
HPEA	NPS	15.35167*	3.17111	.000	8.8206	21.8827
	HPEB10	-24.05500*	3.17111	.000	-30.5860	-17.5240
	HPFB	-11.05500*	3.17111	.002	-17.5860	-4.5240
	HPV	-76.05000*	3.17111	.000	-82.5810	-69.5190
HPEB10	NPS	39.40667*	3.17111	.000	32.8756	45.9377
	HPEA	24.05500*	3.17111	.000	17.5240	30.5860
	HPFB	13.00000*	3.17111	.000	6.4690	19.5310
	HPV	-51.99500*	3.17111	.000	-58.5260	-45.4640
HPFB	NPS	26.40667*	3.17111	.000	19.8756	32.9377
	HPEA	11.05500*	3.17111	.002	4.5240	17.5860
	HPEB10	-13.00000*	3.17111	.000	-19.5310	-6.4690
	HPV	-64.99500*	3.17111	.000	-71.5260	-58.4640
HPV	NPS	91.40167*	3.17111	.000	84.8706	97.9327
	HPEA	76.05000*	3.17111	.000	69.5190	82.5810
	HPEB10	51.99500*	3.17111	.000	45.4640	58.5260
	HPFB	64.99500*	3.17111	.000	58.4640	71.5260

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Daya ikat Asam deoksikolat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	6	40.3967	3.37159	1.37644	36.8584	43.9349	36.04	44.75
HPEA	6	22.6067	3.28809	1.34236	19.1560	26.0573	17.03	26.93
HPEB10	6	26.8967	2.26449	.92447	24.5202	29.2731	24.95	31.29
HPFB	6	24.7517	3.55795	1.45253	21.0178	28.4855	20.00	29.70
HPV	6	88.6950	1.17246	.47866	87.4646	89.9254	87.13	90.10
Total	30	40.6693	25.36754	4.63146	31.1969	50.1417	17.03	90.10

ANOVA

Daya ikat Asam deoksikolat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	18455.144	4	4613.786	558.020	.000
Within Groups	206.703	25	8.268		
Total	18661.848	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Daya ikat Asam deoksikolat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPEA	17.79000*	1.66013	.000	14.3709	21.2091
	HPEB10	13.50000*	1.66013	.000	10.0809	16.9191
	HPFB	15.64500*	1.66013	.000	12.2259	19.0641
	HPV	-48.29833*	1.66013	.000	-51.7174	-44.8792
HPEA	NPS	-17.79000*	1.66013	.000	-21.2091	-14.3709
	HPEB10	-4.29000*	1.66013	.016	-7.7091	-.8709
	HPFB	-2.14500	1.66013	.208	-5.5641	1.2741
	HPV	-66.08833*	1.66013	.000	-69.5074	-62.6692
HPEB10	NPS	-13.50000*	1.66013	.000	-16.9191	-10.0809
	HPEA	4.29000*	1.66013	.016	.8709	7.7091
	HPFB	2.14500	1.66013	.208	-1.2741	5.5641
	HPV	-61.79833*	1.66013	.000	-65.2174	-58.3792
HPFB	NPS	-15.64500*	1.66013	.000	-19.0641	-12.2259
	HPEA	2.14500	1.66013	.208	-1.2741	5.5641
	HPEB10	-2.14500	1.66013	.208	-5.5641	1.2741
	HPV	-63.94333*	1.66013	.000	-67.3624	-60.5242
HPV	NPS	48.29833*	1.66013	.000	44.8792	51.7174
	HPEA	66.08833*	1.66013	.000	62.6692	69.5074
	HPEB10	61.79833*	1.66013	.000	58.3792	65.2174
	HPFB	63.94333*	1.66013	.000	60.5242	67.3624

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Daya ikat deoksikolat terhadap kolesterolamin

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	6	45.5417	3.80166	1.55202	41.5521	49.5313	40.63	50.45
HPEA	6	25.4867	3.70660	1.51321	21.5968	29.3765	19.20	30.36
HPEB10	6	30.3250	2.54923	1.04072	27.6497	33.0003	28.13	35.27
HPFB	6	27.9067	4.01396	1.63869	23.6943	32.1191	22.55	33.49
HPV	6	100.0000	.00000	.00000	100.0000	100.0000	100.00	100.00
Total	30	45.8520	28.59578	5.22085	35.1742	56.5298	19.20	100.00

ANOVA

Daya ikat deoksikolat terhadap kolesterolamin

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	23459.830	4	5864.958	577.237	.000
Within Groups	254.010	25	10.160		
Total	23713.840	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Daya ikat deoksikolat terhadap kolesterolamin

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPEA	20.05500 [*]	1.84033	.000	16.2648	23.8452
	HPEB10	15.21667 [*]	1.84033	.000	11.4264	19.0069
	HPFB	17.63500 [*]	1.84033	.000	13.8448	21.4252
	HPV	-54.45833 [*]	1.84033	.000	-58.2486	-50.6681
HPEA	NPS	-20.05500 [*]	1.84033	.000	-23.8452	-16.2648
	HPEB10	-4.83833 [*]	1.84033	.014	-8.6286	-1.0481
	HPFB	-2.42000	1.84033	.200	-6.2102	1.3702
	HPV	-74.51333 [*]	1.84033	.000	-78.3036	-70.7231
HPEB10	NPS	-15.21667 [*]	1.84033	.000	-19.0069	-11.4264
	HPEA	4.83833 [*]	1.84033	.014	1.0481	8.6286
	HPFB	2.41833	1.84033	.201	-1.3719	6.2086
	HPV	-69.67500 [*]	1.84033	.000	-73.4652	-65.8848
HPFB	NPS	-17.63500 [*]	1.84033	.000	-21.4252	-13.8448
	HPEA	2.42000	1.84033	.200	-1.3702	6.2102
	HPEB10	-2.41833	1.84033	.201	-6.2086	1.3719
	HPV	-72.09333 [*]	1.84033	.000	-75.8836	-68.3031
HPV	NPS	54.45833 [*]	1.84033	.000	50.6681	58.2486
	HPEA	74.51333 [*]	1.84033	.000	70.7231	78.3036
	HPEB10	69.67500 [*]	1.84033	.000	65.8848	73.4652
	HPFB	72.09333 [*]	1.84033	.000	68.3031	75.8836

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Konsentrasi SCFA Total

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	53.8000	10.56882	4.72652	40.6771	66.9229	41.00	69.00
HPS	5	15.2000	5.44977	2.43721	8.4332	21.9668	7.00	22.00
HPEA	5	18.2000	2.58844	1.15758	14.9860	21.4140	15.00	21.00
HPEB10	5	57.6000	17.38678	7.77560	36.0115	79.1885	39.00	78.00
HPFB	5	105.8000	34.67276	15.50613	62.7481	148.8519	68.00	150.00
HPV	5	55.4000	7.12741	3.18748	46.5501	64.2499	45.00	63.00
Total	30	51.0000	34.22542	6.24868	38.2200	63.7800	7.00	150.00

ANOVA

Konsentrasi SCFA Total

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	27156.400	5	5431.280	19.131	.000
Within Groups	6813.600	24	283.900		
Total	33970.000	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi SCFA Total

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	38.60000*	10.65645	.001	16.6062	60.5938
	HPEA	35.60000*	10.65645	.003	13.6062	57.5938
	HPEB10	-3.80000	10.65645	.725	-25.7938	18.1938
	HPFB	-52.00000*	10.65645	.000	-73.9938	-30.0062
	HPV	-1.60000	10.65645	.882	-23.5938	20.3938
HPS	NPS	-38.60000*	10.65645	.001	-60.5938	-16.6062
	HPEA	-3.00000	10.65645	.781	-24.9938	18.9938
	HPEB10	-42.40000*	10.65645	.001	-64.3938	-20.4062
	HPFB	-90.60000*	10.65645	.000	-112.5938	-68.6062
	HPV	-40.20000*	10.65645	.001	-62.1938	-18.2062
HPEA	NPS	-35.60000*	10.65645	.003	-57.5938	-13.6062
	HPS	3.00000	10.65645	.781	-18.9938	24.9938
	HPEB10	-39.40000*	10.65645	.001	-61.3938	-17.4062
	HPFB	-87.60000*	10.65645	.000	-109.5938	-65.6062
	HPV	-37.20000*	10.65645	.002	-59.1938	-15.2062
HPEB10	NPS	3.80000	10.65645	.725	-18.1938	25.7938
	HPS	42.40000*	10.65645	.001	20.4062	64.3938
	HPEA	39.40000*	10.65645	.001	17.4062	61.3938
	HPFB	-48.20000*	10.65645	.000	-70.1938	-26.2062
	HPV	2.20000	10.65645	.838	-19.7938	24.1938
HPFB	NPS	52.00000*	10.65645	.000	30.0062	73.9938
	HPS	90.60000*	10.65645	.000	68.6062	112.5938
	HPEA	87.60000*	10.65645	.000	65.6062	109.5938
	HPEB10	48.20000*	10.65645	.000	26.2062	70.1938
	HPV	50.40000*	10.65645	.000	28.4062	72.3938
HPV	NPS	1.60000	10.65645	.882	-20.3938	23.5938
	HPS	40.20000*	10.65645	.001	18.2062	62.1938
	HPEA	37.20000*	10.65645	.002	15.2062	59.1938
	HPEB10	-2.20000	10.65645	.838	-24.1938	19.7938
	HPFB	-50.40000*	10.65645	.000	-72.3938	-28.4062

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Konsentrasi SCFA Profionat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	15.6600	2.89932	1.29661	12.0600	19.2600	12.53	19.03
HPS	5	5.4620	2.71030	1.21208	2.0967	8.8273	2.10	9.13
HPEA	5	4.6600	1.11501	.49865	3.2755	6.0445	2.70	5.34
HPEB10	5	18.1360	9.09510	4.06745	6.8429	29.4291	7.03	27.38
HPFB	5	38.0800	15.31213	6.84779	19.0675	57.0925	19.04	54.79
HPV	5	11.8340	3.02250	1.35170	8.0811	15.5869	8.75	16.08
Total	30	15.6387	13.28125	2.42481	10.6794	20.5980	2.10	54.79

ANOVA

Konsentrasi SCFA Profionat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3742.109	5	748.422	13.080	.000
Within Groups	1373.251	24	57.219		
Total	5115.360	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Konsentrasi SCFA Profionat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	10.19800*	4.78409	.043	.3241	20.0719
	HPEA	11.00000*	4.78409	.030	1.1261	20.8739
	HPEB10	-2.47600	4.78409	.610	-12.3499	7.3979
	HPFB	-22.42000*	4.78409	.000	-32.2939	-12.5461
	HPV	3.82600	4.78409	.432	-6.0479	13.6999
HPS	NPS	-10.19800*	4.78409	.043	-20.0719	-.3241
	HPEA	.80200	4.78409	.868	-9.0719	10.6759
	HPEB10	-12.67400*	4.78409	.014	-22.5479	-2.8001
	HPFB	-32.61800*	4.78409	.000	-42.4919	-22.7441
	HPV	-6.37200	4.78409	.195	-16.2459	3.5019
HPEA	NPS	-11.00000*	4.78409	.030	-20.8739	-1.1261
	HPS	-.80200	4.78409	.868	-10.6759	9.0719
	HPEB10	-13.47600*	4.78409	.010	-23.3499	-3.6021
	HPFB	-33.42000*	4.78409	.000	-43.2939	-23.5461
	HPV	-7.17400	4.78409	.147	-17.0479	2.6999
HPEB10	NPS	2.47600	4.78409	.610	-7.3979	12.3499
	HPS	12.67400*	4.78409	.014	2.8001	22.5479
	HPEA	13.47600*	4.78409	.010	3.6021	23.3499
	HPFB	-19.94400*	4.78409	.000	-29.8179	-10.0701
	HPV	6.30200	4.78409	.200	-3.5719	16.1759
HPFB	NPS	22.42000*	4.78409	.000	12.5461	32.2939
	HPS	32.61800*	4.78409	.000	22.7441	42.4919
	HPEA	33.42000*	4.78409	.000	23.5461	43.2939
	HPEB10	19.94400*	4.78409	.000	10.0701	29.8179
	HPV	26.24600*	4.78409	.000	16.3721	36.1199
HPV	NPS	-3.82600	4.78409	.432	-13.6999	6.0479
	HPS	6.37200	4.78409	.195	-3.5019	16.2459
	HPEA	7.17400	4.78409	.147	-2.6999	17.0479
	HPEB10	-6.30200	4.78409	.200	-16.1759	3.5719
	HPFB	-26.24600*	4.78409	.000	-36.1199	-16.3721

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Rasio Molar Asetat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	58.6920	1.73789	.77721	56.5341	60.8499	56.38	60.36
HPS	5	55.2060	5.77123	2.58097	48.0401	62.3719	48.00	61.16
HPEA	5	60.3860	4.21602	1.88546	55.1511	65.6209	56.01	67.02
HPEB10	5	57.1760	6.59039	2.94731	48.9930	65.3590	51.56	66.30
HPFB	5	54.3120	3.80926	1.70355	49.5822	59.0418	51.91	60.96
HPV	5	63.4280	3.52458	1.57624	59.0517	67.8043	59.34	67.76
Total	30	58.2000	5.20372	.95007	56.2569	60.1431	48.00	67.76

ANOVA

Rasio Molar Asetat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	287.409	5	57.482	2.771	.041
Within Groups	497.874	24	20.745		
Total	785.283	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rasio Molar Asetat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	3.48600	2.88061	.238	-2.4593	9.4313
	HPEA	-1.69400	2.88061	.562	-7.6393	4.2513
	HPEB10	1.51600	2.88061	.604	-4.4293	7.4613
	HPFB	4.38000	2.88061	.141	-1.5653	10.3253
	HPV	-4.73600	2.88061	.113	-10.6813	1.2093
HPS	NPS	-3.48600	2.88061	.238	-9.4313	2.4593
	HPEA	-5.18000	2.88061	.085	-11.1253	.7653
	HPEB10	-1.97000	2.88061	.501	-7.9153	3.9753
	HPFB	.89400	2.88061	.759	-5.0513	6.8393
	HPV	-8.22200*	2.88061	.009	-14.1673	-2.2767
HPEA	NPS	1.69400	2.88061	.562	-4.2513	7.6393
	HPS	5.18000	2.88061	.085	-.7653	11.1253
	HPEB10	3.21000	2.88061	.276	-2.7353	9.1553
	HPFB	6.07400*	2.88061	.046	.1287	12.0193
	HPV	-3.04200	2.88061	.301	-8.9873	2.9033
HPEB10	NPS	-1.51600	2.88061	.604	-7.4613	4.4293
	HPS	1.97000	2.88061	.501	-3.9753	7.9153
	HPEA	-3.21000	2.88061	.276	-9.1553	2.7353
	HPFB	2.86400	2.88061	.330	-3.0813	8.8093
	HPV	-6.25200*	2.88061	.040	-12.1973	-.3067
HPFB	NPS	-4.38000	2.88061	.141	-10.3253	1.5653
	HPS	-.89400	2.88061	.759	-6.8393	5.0513
	HPEA	-6.07400*	2.88061	.046	-12.0193	-.1287
	HPEB10	-2.86400	2.88061	.330	-8.8093	3.0813
	HPV	-9.11600*	2.88061	.004	-15.0613	-3.1707
HPV	NPS	4.73600	2.88061	.113	-1.2093	10.6813
	HPS	8.22200*	2.88061	.009	2.2767	14.1673
	HPEA	3.04200	2.88061	.301	-2.9033	8.9873
	HPEB10	6.25200*	2.88061	.040	.3067	12.1973
	HPFB	9.11600*	2.88061	.004	3.1707	15.0613

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

Rasio Molar Propionat

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	29.2280	1.82150	.81460	26.9663	31.4897	27.52	31.79
HPS	5	33.9520	6.36194	2.84514	26.0526	41.8514	28.23	40.95
HPEA	5	25.2120	4.36713	1.95304	19.7895	30.6345	17.95	29.30
HPEB	5	29.7340	8.16448	3.65127	19.5965	39.8715	17.81	36.26
10								
HPFB	5	35.3100	5.22765	2.33788	28.8190	41.8010	26.16	38.95
HPV	5	21.4060	4.50477	2.01459	15.8126	26.9994	17.41	26.54
Total	30	29.1403	6.92999	1.26524	26.5526	31.7280	17.41	40.95

ANOVA

Rasio Molar Propionat

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	684.144	5	136.829	4.634	.004
Within Groups	708.575	24	29.524		
Total	1392.719	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Rasio Molar Propionat

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-4.72400	3.43651	.182	-11.8166	2.3686
	HPEA	4.01600	3.43651	.254	-3.0766	11.1086
	HPEB10	-.50600	3.43651	.884	-7.5986	6.5866
	HPFB	-6.08200	3.43651	.089	-13.1746	1.0106
	HPV	7.82200*	3.43651	.032	.7294	14.9146
HPS	NPS	4.72400	3.43651	.182	-2.3686	11.8166
	HPEA	8.74000*	3.43651	.018	1.6474	15.8326
	HPEB10	4.21800	3.43651	.232	-2.8746	11.3106
	HPFB	-1.35800	3.43651	.696	-8.4506	5.7346
	HPV	12.54600*	3.43651	.001	5.4534	19.6386
HPEA	NPS	-4.01600	3.43651	.254	-11.1086	3.0766
	HPS	-8.74000*	3.43651	.018	-15.8326	-1.6474
	HPEB10	-4.52200	3.43651	.201	-11.6146	2.5706
	HPFB	-10.09800*	3.43651	.007	-17.1906	-3.0054
	HPV	3.80600	3.43651	.279	-3.2866	10.8986
HPEB10	NPS	.50600	3.43651	.884	-6.5866	7.5986
	HPS	-4.21800	3.43651	.232	-11.3106	2.8746
	HPEA	4.52200	3.43651	.201	-2.5706	11.6146
	HPFB	-5.57600	3.43651	.118	-12.6686	1.5166
	HPV	8.32800*	3.43651	.023	1.2354	15.4206
HPFB	NPS	6.08200	3.43651	.089	-1.0106	13.1746
	HPS	1.35800	3.43651	.696	-5.7346	8.4506
	HPEA	10.09800*	3.43651	.007	3.0054	17.1906
	HPEB10	5.57600	3.43651	.118	-1.5166	12.6686
	HPV	13.90400*	3.43651	.000	6.8114	20.9966
HPV	NPS	-7.82200*	3.43651	.032	-14.9146	-.7294
	HPS	-12.54600*	3.43651	.001	-19.6386	-5.4534
	HPEA	-3.80600	3.43651	.279	-10.8986	3.2866
	HPEB10	-8.32800*	3.43651	.023	-15.4206	-1.2354
	HPFB	-13.90400*	3.43651	.000	-20.9966	-6.8114

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Descriptives

MDA

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	1.1060	.17009	.07607	.8948	1.3172	.89	1.33
HPS	5	8.8940	.42998	.19229	8.3601	9.4279	8.38	9.38
HPEA	5	5.6720	.30376	.13585	5.2948	6.0492	5.36	6.05
HPEB10	5	3.0320	.29064	.12998	2.6711	3.3929	2.66	3.41
HPFB	5	3.5860	.20888	.09341	3.3266	3.8454	3.35	3.85
HPV	5	2.2140	.20082	.08981	1.9646	2.4634	1.96	2.47
Total	30	4.0840	2.61816	.47801	3.1064	5.0616	.89	9.38

ANOVA

MDA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	196.890	5	39.378	497.919	.000
Within Groups	1.898	24	.079		
Total	198.788	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: MDA

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	-7.78800*	.17786	.000	-8.1551	-7.4209
	HPEA	-4.56600*	.17786	.000	-4.9331	-4.1989
	HPEB10	-1.92600*	.17786	.000	-2.2931	-1.5589
	HPFB	-2.48000*	.17786	.000	-2.8471	-2.1129
	HPV	-1.10800*	.17786	.000	-1.4751	-.7409
HPS	NPS	7.78800*	.17786	.000	7.4209	8.1551
	HPEA	3.22200*	.17786	.000	2.8549	3.5891
	HPEB10	5.86200*	.17786	.000	5.4949	6.2291
	HPFB	5.30800*	.17786	.000	4.9409	5.6751
	HPV	6.68000*	.17786	.000	6.3129	7.0471
HPEA	NPS	4.56600*	.17786	.000	4.1989	4.9331
	HPS	-3.22200*	.17786	.000	-3.5891	-2.8549
	HPEB10	2.64000*	.17786	.000	2.2729	3.0071
	HPFB	2.08600*	.17786	.000	1.7189	2.4531
	HPV	3.45800*	.17786	.000	3.0909	3.8251
HPEB10	NPS	1.92600*	.17786	.000	1.5589	2.2931
	HPS	-5.86200*	.17786	.000	-6.2291	-5.4949
	HPEA	-2.64000*	.17786	.000	-3.0071	-2.2729
	HPFB	-.55400*	.17786	.005	-.9211	-.1869
	HPV	.81800*	.17786	.000	.4509	1.1851
HPFB	NPS	2.48000*	.17786	.000	2.1129	2.8471
	HPS	-5.30800*	.17786	.000	-5.6751	-4.9409
	HPEA	-2.08600*	.17786	.000	-2.4531	-1.7189
	HPEB10	.55400*	.17786	.005	.1869	.9211
	HPV	1.37200*	.17786	.000	1.0049	1.7391
HPV	NPS	1.10800*	.17786	.000	.7409	1.4751
	HPS	-6.68000*	.17786	.000	-7.0471	-6.3129
	HPEA	-3.45800*	.17786	.000	-3.8251	-3.0909
	HPEB10	-.81800*	.17786	.000	-1.1851	-.4509
	HPFB	-1.37200*	.17786	.000	-1.7391	-1.0049

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

FRAP Serum darah tikus

Descriptives

Antioksidan_FRAP

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	78.4960	2.03083	.90822	75.9744	81.0176	75.94	81.20
HPS	5	13.2340	2.03083	.90822	10.7124	15.7556	10.53	15.79
HPE	5	37.4440	1.79521	.80284	35.2150	39.6730	35.34	39.85
A	5	69.0220	4.10026	1.83369	63.9308	74.1132	64.66	74.44
HPE	5	57.7440	1.44708	.64715	55.9472	59.5408	55.64	59.40
B10	5	73.6840	1.19060	.53245	72.2057	75.1623	72.18	75.19
HPFB	5	54.9373	23.42753	4.27726	46.1894	63.6853	10.53	81.20
HPV	5							
Total	30							

ANOVA

Antioksidan_FRAP

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	15789.441	5	3157.888	595.920	.000
Within Groups	127.180	24	5.299		
Total	15916.621	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Antioksidan_FRAP

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	65.26200*	1.45591	.000	62.2572	68.2668
	HPEA	41.05200*	1.45591	.000	38.0472	44.0568
	HPEB10	9.47400*	1.45591	.000	6.4692	12.4788
	HPFB	20.75200*	1.45591	.000	17.7472	23.7568
	HPV	4.81200*	1.45591	.003	1.8072	7.8168
HPS	NPS	-65.26200*	1.45591	.000	-68.2668	-62.2572
	HPEA	-24.21000*	1.45591	.000	-27.2148	-21.2052
	HPEB10	-55.78800*	1.45591	.000	-58.7928	-52.7832
	HPFB	-44.51000*	1.45591	.000	-47.5148	-41.5052
	HPV	-60.45000*	1.45591	.000	-63.4548	-57.4452
HPEA	NPS	-41.05200*	1.45591	.000	-44.0568	-38.0472
	HPS	24.21000*	1.45591	.000	21.2052	27.2148
	HPEB10	-31.57800*	1.45591	.000	-34.5828	-28.5732
	HPFB	-20.30000*	1.45591	.000	-23.3048	-17.2952
	HPV	-36.24000*	1.45591	.000	-39.2448	-33.2352
HPEB10	NPS	-9.47400*	1.45591	.000	-12.4788	-6.4692
	HPS	55.78800*	1.45591	.000	52.7832	58.7928
	HPEA	31.57800*	1.45591	.000	28.5732	34.5828
	HPFB	11.27800*	1.45591	.000	8.2732	14.2828
	HPV	-4.66200*	1.45591	.004	-7.6668	-1.6572
HPFB	NPS	-20.75200*	1.45591	.000	-23.7568	-17.7472
	HPS	44.51000*	1.45591	.000	41.5052	47.5148
	HPEA	20.30000*	1.45591	.000	17.2952	23.3048
	HPEB10	-11.27800*	1.45591	.000	-14.2828	-8.2732
	HPV	-15.94000*	1.45591	.000	-18.9448	-12.9352
HPV	NPS	-4.81200*	1.45591	.003	-7.8168	-1.8072
	HPS	60.45000*	1.45591	.000	57.4452	63.4548
	HPEA	36.24000*	1.45591	.000	33.2352	39.2448
	HPEB10	4.66200*	1.45591	.004	1.6572	7.6668
	HPFB	15.94000*	1.45591	.000	12.9352	18.9448

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Kolesterol digesta *caecum*

Descriptives

Kolesterol digesta *caecum*

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
NPS	5	97.9920	1.10760	.49533	96.6167	99.3673	96.46	99.38
HPS	5	24.6360	1.44701	.64712	22.8393	26.4327	22.74	26.39
HPEA	5	53.2480	1.35645	.60663	51.5637	54.9323	51.57	55.22
HPEB	5	83.9060	2.07327	.92719	81.3317	86.4803	81.50	86.97
10								
HPFB	5	79.0880	1.22816	.54925	77.5630	80.6130	77.48	80.77
HPV	5	90.5500	1.39800	.62520	88.8142	92.2858	88.80	92.08
Total	30	71.5700	25.64981	4.68299	61.9922	81.1478	22.74	99.38

ANOVA

Kolesterol digesta *caecum*

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19027.779	5	3805.556	1767.044	.000
Within Groups	51.687	24	2.154		
Total	19079.466	29			

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Kolesterol digesta *caecum*

LSD

(I) Perlakuan	(J) Perlakuan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
NPS	HPS	73.35600 [*]	.92814	.000	71.4404	75.2716
	HPEA	44.74400 [*]	.92814	.000	42.8284	46.6596
	HPEB10	14.08600 [*]	.92814	.000	12.1704	16.0016
	HPFB	18.90400 [*]	.92814	.000	16.9884	20.8196
	HPV	7.44200 [*]	.92814	.000	5.5264	9.3576
HPS	NPS	-73.35600 [*]	.92814	.000	-75.2716	-71.4404
	HPEA	-28.61200 [*]	.92814	.000	-30.5276	-26.6964
	HPEB10	-59.27000 [*]	.92814	.000	-61.1856	-57.3544
	HPFB	-54.45200 [*]	.92814	.000	-56.3676	-52.5364
	HPV	-65.91400 [*]	.92814	.000	-67.8296	-63.9984
HPEA	NPS	-44.74400 [*]	.92814	.000	-46.6596	-42.8284
	HPS	28.61200 [*]	.92814	.000	26.6964	30.5276
	HPEB10	-30.65800 [*]	.92814	.000	-32.5736	-28.7424
	HPFB	-25.84000 [*]	.92814	.000	-27.7556	-23.9244
	HPV	-37.30200 [*]	.92814	.000	-39.2176	-35.3864
HPEB10	NPS	-14.08600 [*]	.92814	.000	-16.0016	-12.1704
	HPS	59.27000 [*]	.92814	.000	57.3544	61.1856
	HPEA	30.65800 [*]	.92814	.000	28.7424	32.5736
	HPFB	4.81800 [*]	.92814	.000	2.9024	6.7336
	HPV	-6.64400 [*]	.92814	.000	-8.5596	-4.7284
HPFB	NPS	-18.90400 [*]	.92814	.000	-20.8196	-16.9884

HPV	HPS	54.45200 [*]	.92814	.000	52.5364	56.3676
	HPEA	25.84000 [*]	.92814	.000	23.9244	27.7556
	HPEB10	-4.81800 [*]	.92814	.000	-6.7336	-2.9024
	HPV	-11.46200 [*]	.92814	.000	-	-9.5464
	NPS	-7.44200 [*]	.92814	.000	13.3776	-5.5264
	HPS	65.91400 [*]	.92814	.000	-9.3576	67.8296
	HPEA	37.30200 [*]	.92814	.000	63.9984	39.2176
	HPEB10	6.64400 [*]	.92814	.000	35.3864	8.5596
	HPFB	11.46200 [*]	.92814	.000	4.7284	13.3776
					9.5464	

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.